



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“Influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua
para consumo humano en la ciudad de Moyobamba – San
Martín”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO SANITARIO**

AUTOR:

Bach. Fernando Garcia Saavedra

ASESOR:

Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza

CO - ASESOR:

Blgo. M.Sc. Luis Rodríguez Pérez

N° de Registro: 06052615

Moyobamba - Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



TESIS

“Influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba – San Martín”.

PRESENTADO POR:

Bach. Fernando Garcia Saavedra

**Sustentado y aprobado ante el honorable jurado
el día 07 de noviembre del 2016**

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente

Ing. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Secretario

Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación
Miembro

Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza
Asesor

Moyobamba – Perú

2016

Declaratoria de Autenticidad

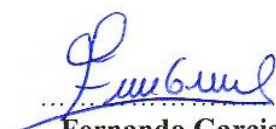
Yo, **Fernando Garcia Saavedra**, identificado con DNI N° **7.150.884.9**, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis titulada: **“Influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba – San Martín”**

Declaro bajo juramento que:

1. La Tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La Tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de nuestras acciones se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 2 de mayo del 2018.


.....
Fernando Garcia Saavedra
DNI N° **7.150.884.9**



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <u>García Securide Fernando</u>	
Código de alumno : <u>205212</u>	Teléfono: <u>950668122</u>
Correo electrónico : <u>fernandoa.10@hotmail.com</u>	DNI: <u>71508849</u>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <u>Ecología</u>
Escuela Profesional de: <u>Ingeniería Sanitaria</u>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(*)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <u>Influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba - San Martín</u>
Año de publicación: <u>2016</u>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(*)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

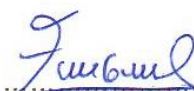
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.**



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

03 / 05 / 2018




Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo:

A Dios mi creador, por darme la dicha de tener una familia maravillosa, por regalarme salud e inteligencia para terminar mi profesión y el presente proyecto de investigación.

A mis padres: Sr. Román García Arévalo y Sra. Betty Saavedra Sánchez por su apoyo incondicional y su confianza infinita, pues depositaron en mí principios y saberes que me ayudaron a sobrepasar todos aquellos obstáculos que se presentaron en cada momento de mi vida, así mismo decir que por ellos pude llegar hasta aquí.

A Silvia Isabel y Christian, mis hermanos, quienes con sus consejos jamás me dejaron caer y me enseñaron que con esfuerzo y dedicación se logra los objetivos.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente:

A Dios por brindarme la vida y estar siempre en mi corazón, por permitirme disfrutar cada momento que me regala y guiarme siempre por el camino que ha trazado para mí vida.

A mis padres, por darme la vida, corregir mis pasos, y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

A la señora Betty Saavedra Sánchez, mi madre, a quien agradezco por siempre estar conmigo, sembrando amor en mi vida, enseñándome a luchar y perseverar en este largo caminar.

Al señor Román García Arévalo, mi padre, quien siempre ha estado dándome palabras de aliento y sembrando en mí el deseo de superación.

A mis hermanos Silvia Isabel y Christian, quienes son mis fieles compañeros de vida y los motores que me impulsan a ser mejor cada día.

A mi asesor, el Ing. Msc. Yrwin Francisco Azabache Liza, quien me apoyo en cada momento, brindando su tiempo, paciencia y dedicación a esta investigación, compartiendo conmigo su experiencia y conocimientos.

A mi Facultad “Ecología” y la Universidad Nacional de San Martín por hospedarme en sus aulas y llenarme de conocimientos.

RESUMEN

La calidad del agua para consumo humano es uno de los problemas de mayor trascendencia en las ciudades modernas y su principal agente contaminador es la propia gente a través de los desechos domésticos y agrícolas. Este problema no es ajeno a la ciudad de Moyobamba, cuya empresa prestadora del servicio de agua potable viene realizando esfuerzos para prestar un servicio de calidad y acorde con las normas de agua para consumo humano. El presente trabajo de investigación ha sido titulado “Influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba – San Martín”. El aspecto central de la investigación consiste en monitorear los parámetros físicos químicos y biológicos, y luego establecer una comparación de los resultados con los valores de referencia recomendados por las normas legales de los límites máximos permisibles para agua de consumo humano según la categoría A-1, que son aquellas aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (DS N° 031- 2010 SA- MINSA). El trabajo se realizó en la localidad de Moyobamba, provincia de Moyobamba y departamento de San Martín. Se ha monitoreado 03 zonas en la red de distribución de agua, la primera zona es la zona alta del Barrio Calvario, la zona media está en el Barrio Calvario y la zona baja en el Barrio de Zaragoza. Las muestras de parámetros físicos fueron llevadas al laboratorio de Ciencias Ambientales y Sanitarias, para su respectivo análisis, asimismo las muestras de parámetros biológicos al laboratorio de Emapa San Martín. Se analizaron nueve parámetros: Oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, temperatura, turbiedad y sólidos totales disueltos; parámetros que exige la Norma Internacional, respecto al índice de calidad del agua. Los resultados mostraron que el agua potable de la ciudad cumple con los parámetros de los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano, mostrando que el tratamiento convencional es el adecuado a este tipo de agua.

Palabras claves: Calidad de agua, carga contaminante, límite máximo permisible, tratamiento convencional.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

CENTRO DE IDIOMAS



ABSTRACT

The quality of water for human consumption is a significant problem facing modern cities, and its main polluter is the people themselves, via their domestic and agricultural waste. This problem is not foreign to the city of Moyobamba, whose water supplier has been providing quality service, in accordance with the standards of water for human consumption. The present research work is entitled "Influence of conventional treatment on the quality of water for human consumption in the city of Moyobamba, San Martín". The purpose of the research is to monitor the physical and biological parameters and then compare the results with the recommended values, per the legal norms regarding maximum permissible limits in water for human consumption, according to category A-1, which are those waters that can be treated with disinfection (DS N° 031- 2010 SA-MINSA). The work was carried out in the town of Moyobamba, within the Province of Moyobamba, Department of San Martín. The study monitored three zones in the water distribution network. The first zone is the higher area of Barrio Calvario; the middle area is also in Barrio Calvario; and the lower zone in Barrio de Zaragoza. The physical parameter samples were taken to the Laboratory for Environmental and Health Sciences for their respective analysis, and the samples of biological parameters sent to the laboratory of Emapa San Martín. We analyzed nine parameters: dissolved oxygen, fecal coliforms, pH, biochemical oxygen demand, nitrates, phosphates, temperature, turbidity and dissolved solids; parameters required by international standards regarding the water quality index. The results showed that the city's drinking water meets the parameters of maximum permissible limits regarding water quality for human consumption, showing that conventional treatment is suitable for this type of water.

Key words: water quality, treatment plants, maximum permissible limit, drinking water.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Justificación de la investigación	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Bases teóricas	7
2.3. Definición de términos básicos	12
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	15
3.1. Sistema de hipótesis	15
3.2. Sistema de variables	15
3.3. Tipo de método de la investigación	16
3.4. Diseño de la investigación	16
3.5. Población y muestra	19
3.6. Técnicas de recolección de datos	19
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	27
4.1. Medición de los parámetros iniciales (antes del tratamiento): físicos, químicos y biológicos del agua para consumo humano de la ciudad de Moyobamba.	27
4.2. Medición de los parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos del agua de consumo humano en tres sectores de la ciudad de Moyobamba.	27

4.3. Determinación de la influencia en el tratamiento convencional del agua en los diferentes puntos de monitoreo con respecto al límite máximo permisible.	30
4.4. Promedio de los parámetros iniciales (antes del tratamiento) y finales (después del tratamiento).	38
4.5. Determinación de los índices de calidad del agua, en los puntos de monitoreo.	40
4.6. Determinación de la influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua mediante el porcentaje de remoción.	43
4.7. Discusión de resultados	45
 CONCLUSIONES	 49
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Variables, dimensiones e indicadores	15
Tabla 2. Cálculo del ICA en un punto de monitoreo.	26
Tabla 3. Resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua previo al tratamiento en los meses de medición del 2015.	27
Tabla 4. Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos - setiembre, 2015.	28
Tabla 5. Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos - octubre, 2015.	28
Tabla 6. Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos - noviembre, 2015.	29
Tabla 7. Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos - diciembre, 2015.	29
Tabla 8. Límites máximos permisibles del agua para consumo humano - 2010.	30
Tabla 9. Resultado de oxígeno disuelto – setiembre a diciembre, 2015.	30
Tabla 10. Resultado de coliformes fecales - setiembre a diciembre, 2015.	31
Tabla 11. Resultado de potencial de hidrógeno – setiembre a diciembre, 2015.	32
Tabla 12. Resultado de demanda bioquímica de oxígeno – setiembre a diciembre, 2015.	33
Tabla 13. Resultado de nitrato – setiembre a diciembre, 2015.	33
Tabla 14. Resultado de fosfato – setiembre a diciembre, 2015.	34
Tabla 15. Resultado de temperatura – setiembre a diciembre, 2015.	35
Tabla 16. Resultado de turbiedad – setiembre a diciembre, 2015.	36
Tabla 17. Resultado de sólidos totales disueltos – setiembre a diciembre, 2015.	37
Tabla 18. Promedios de los parámetros físicos, químicos y biológicos antes y después del tratamiento del agua.	39
Tabla 19. Descriptores de calidad y colores propuestos para presentar los índices de calidad de agua	40
Tabla 20. Resultados del índice de calidad del agua - setiembre, 2015.	41
Tabla 21. Resultados del índice de calidad del agua - octubre, 2015.	41
Tabla 22. Resultados del índice de calidad del agua - noviembre, 2015.	42
Tabla 23. Resultados del índice de calidad del agua - diciembre, 2015.	43
Tabla 24. Determinación de la influencia del tratamiento convencional mediante el porcentaje de remoción, 2015	44

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Procesos de la planta de tratamiento de agua - Moyobamba.	7
Figura 2. Diagrama del diseño.	16
Figura 3. Sistema de abastecimiento de agua potable - Moyobamba.	21
Figura 4. Variación del parámetro oxígeno disuelto.	31
Figura 5. Variación del parámetro potencial de hidrógeno.	32
Figura 6. Variación del parámetro nitrato.	34
Figura 7. Variación del parámetro fosfato total.	35
Figura 8. Variación del parámetro temperatura.	36
Figura 9. Variación del parámetro turbiedad.	37
Figura 10. Variación del parámetro sólidos totales disueltos	38
Figura 11. Calidad del agua antes y después del tratamiento	39
Figura 12. Porcentaje de remoción mediante tratamiento convencional.	44

ANEXOS:

ANEXO 01: Resultados físicos, químicos y microbiológicos

ANEXO 02: Límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano

ANEXO 03: Complementarias - ICA

ANEXO 04: Resultado de análisis microbiológico – laboratorio de EMAPA SAN MARTÍN S.A

ANEXO 05: Plano de sectorización de Moyobamba – zonas de estudio

INTRODUCCIÓN

El agua, el saneamiento y la higiene tienen consecuencias importantes sobre la salud, pues las enfermedades producidas por la ingesta de agua, incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en ellas. Al consumir agua contaminada surgen las llamadas enfermedades de origen hídrico. Los microorganismos llegan al agua como consecuencia del mal manejo de las excretas humanas, animales, así como por deficiencias en el tratamiento y la disposición de las aguas residuales originadas en los hogares, la industria, agricultura y demás actividades antropogénicas.

La calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo. La experiencia pone de manifiesto el valor de los enfoques de gestión preventivo

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Los habitantes de casi todas las ciudades del mundo, pequeñas o grandes, utilizan agua potable diariamente para beber y realizar sus quehaceres diarios. Claro está que cuanto mejor sea la calidad del agua, la población tendrá una mejor salud libre de enfermedades infecciosas y endémicas que pueden ocasionarse por un mal proceso de potabilización.

En la región San Martín, las localidades que cuentan con planta de tratamiento de agua para consumo humano son convencionales, esto se debe a múltiples factores, siendo una de las principales que la alternativa no convencional el costo de inversión, operación y mantenimiento son elevados, lo que hace que esta alternativa no sea rentable social y económicamente; por lo que se desarrollan proyectos de saneamiento básico con tecnologías convencionales por su fácil manejo y bajo costo de inversión.

En la ciudad de Moyobamba, la empresa prestadora de servicios de saneamiento, se preocupa por tener una buena calidad de agua potable de acuerdo a los estándares establecidos por las normas peruanas para que sea consumida por una población que supera los 60 mil habitantes en la actualidad.

El sistema de agua de la ciudad de Moyobamba, cuenta con una planta de tratamiento convencional, ubicada en el Km. 3 lado izquierdo de la carretera a los baños termales de San Mateo, la misma que sólo trata el 70 % de las aguas que ingresan a las redes de distribución, este 70 % es el total de agua captada en la cuenca de Rumiycu. La cual, se encuentra ubicada en la margen derecha del Río Mayo, jurisdicción del distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. Esta planta de tratamiento fue diseñada para una capacidad de 85 L/s con niveles de turbiedad menor o igual a 80 NTU. (EPS, 2008).

La cuenca Rumiycu se ubica en la región San Martín, Perú. La principal actividad económica de esta cuenca es la agricultura, lamentablemente por el crecimiento desordenado de la población, esta actividad se realiza con prácticas inadecuadas, lo cual está afectando negativamente al ambiente, (Proyecto especial Alto Mayo, 2006). Las

malas prácticas agrícolas causan la deforestación de los bosques, la erosión de los suelos y la pérdida de la biodiversidad. Esto trae como consecuencia problemas en la calidad y cantidad del agua que abastece a la Microcuenca Rumiyacu.

Otro problema es la contaminación por las aguas residuales del lavado del café y por la utilización de insecticidas, en la zona alta de la microcuenca Rumiyacu; afectando considerablemente en la calidad de sus cuerpos de agua (Azabache, 2008). Los restos de estos productos al llover son arrastrados hasta la microcuenca Rumiyacu afectando a la parte baja de la cuenca que se encuentra contaminada.

El deterioro de la calidad del agua supone un grave problema ambiental, económico y social. Cada segundo, la industria, las ciudades, las zonas agrícolas, vierten toneladas de residuos a los ríos y a las costas. Cada litro de agua contaminada que se vierte significa la pérdida de cien litros de agua potable.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el tratamiento convencional influye en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros físicos, químicos y biológicos de calidad del agua.
- Determinar los índices de calidad del agua.

1.4. Justificación de la investigación

La contaminación del recurso hídrico por la intervención antropogénica es un problema visto en todas las fuentes superficiales, desde la quebrada más pequeña hasta el río más grande, lo que significa un gran problema y riesgo para la salud. Es por ello que nació la necesidad de potabilizar el agua para poder ser consumida sin riesgos; y en la siguiente investigación se analiza los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, comparando la calidad antes y después del tratamiento, éste último, ligado directamente a los componentes que comprenden el sistema.

El presente proyecto servirá como herramienta de mejora continua en los procesos de potabilización de agua, con la finalidad de contribución en la reducción de agentes que perjudiquen la salud de aquellas personas que hacen uso de este servicio. En otro aspecto, ayudará a conocer a la población de Moyobamba sobre la calidad de agua que reciben en sus hogares, evitando que la población se siga quejando de los servicios que brinda la EPS.

Es cierto decir, que el tratamiento convencional del agua, ha reducido enfermedades de origen hídrico, ya que representan un conjunto de sistemas que se combinan con insumos químicos para darnos un agua apta para el consumo. En este sentido, el proyecto cumple con el contenido de la línea de investigación, llegando a brindar un aporte necesario para próximas investigaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En el Perú la calidad del agua potable ha venido mejorando paulatinamente en los últimos años según los indicadores de gestión recolectados por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), así al control de calidad como un proceso regulador a través del cual se efectúa una medición del desempeño de la calidad de un producto, (EPS Moyobamba, 2004). Se procesa la comparación de esa medida con parámetros establecidos y se sugieren medidas para reducir la diferencia entre el valor medido y el parámetro establecido.

En la quebrada Rumiyacu-Mishquiyacu, se detectó cierto grado de contaminación por excretas, sedimentos y turbidez de 10.20 UNT de la quebrada Mishquiyacu y 52.8 UNT en la quebrada de Rumiyacu en la captación de agua; (PEAM, 2005). Estos contaminantes son arrastrados por la deforestación existente en el área de influencia.

Se realizó el rediseño de la planta de tratamiento convencional de agua potable de la empresa municipal de faenamiento de ganado de Orellana, (M. Castelo, 2013), en el cual se obtuvo los siguientes resultados: La caracterización del agua en la red de distribución presentó coliformes (CF=13.33 Col/100mL y CT=90 Col/100mL), aerobios mesófilos (2566.7 Col/100mL) y color real (19.33 Pt-Co) originado por una contaminación en el tanque de cisterna por factores externos, esta aseveración se realiza en base a la ausencia de coliformes en el agua captada; en el caso del agua analizada del tanque de reserva se evidencia la presencia de manganeso (0.43 mg/L), hierro total (0.47 mg/L) y oxígeno disuelto (5.90 mg/L). Los ensayos realizados en el equipo de prueba de jarras dan como resultado la remoción de manganeso, hierro y color en un 89.54 %, aplicando $6.48 \times 10^{-3}\%$ (v/v) de cloro, 0.02% (p/v) de PAC y 0.019% (p/v) de Cal y por último se filtró en un medio dual de arena y grava (filtro piloto).

Se realizó estudio sobre tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para consumo humano en comunidades rurales de la frontera norte dentro del programa “Agua limpia en casa en municipios fronterizos” y financiado por la Fundación México Estados Unidos para la Ciencia, (A. González, A. Martín, R. Figueroa 2010), en el cual se encontró: Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el número de virus (total),

bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nematodos (hasta 99.99%), la turbiedad del efluente en un filtro bien diseñado y operado puede llegar a 1 UTN. La remoción de carbono orgánico biodegradable se logra hasta en un 50%. El color real se remueve hasta en un 60% con ayuda de pre oxidación. El fierro se puede reducir del 30 al 90%, pero los filtros se colmatan rápido si el contenido de fierro es mayor a 1 mg/L, por lo que es necesario empacar el filtro con un grano de arena más grande (~0.5 mm) que el normal (T.E. 0.3 mm).

Los resultados obtenidos demuestran que es factible y necesaria la colaboración estrecha entre el trabajo de laboratorio y el de gabinete de ingeniería previo al diseño final; así mismo, es una herramienta sumamente útil para el ingeniero diseñador, pues le permite seleccionar los procesos más adecuados para remover las sustancias indeseables, (R. Octavio 1999). Como se muestra a continuación: En el filtro No. 1, la remoción de los componentes analizados estuvo en el orden del 33 %, en el filtro No. 2, la remoción de color es cerca del 90 %, la dureza es marginal, el hierro casi total y la turbidez arriba del 70 %.

En el tratamiento de aguas el proceso de coagulación y floculación se lleva a cabo usando productos comerciales como el sulfato de aluminio o el cloruro de hierro, polímeros naturales, (L. Romero; M. Vargas 2013). En esta investigación se obtuvo lo siguiente. Remociones de turbiedad alrededor del 99% y remociones del 100% de DQO.

Se realizó el estudio de tratabilidad del rio Vilcanota, mediante una planta de tratamiento convencional, (L. Cánepa 1996). Se presenta los resultados del estudio de tratabilidad del agua del Rio Vilcanota, una de las fuentes alternativas propuestas para el proyecto del plan maestro del Cusco, para abastecer de agua a esta ciudad. Se simularon los procesos de pre sedimentación, coagulación-floculación y decantación con dos muestras de 30 UNT y 70 UNT, identificándose parámetros óptimos del diseño.

En los distritos de Puente Piedra, San Martín de Porres y Miraflores se evaluó el nivel de cobre y de pH en 30 muestras de agua potable obtenidas del grifo de cada lugar analizado, con el fin de verificar si se encontraba dentro de los límites permisibles dados por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano, la NTP (Norma Técnica Peruana) N° 214.003 y por la OMS (Organización Mundial de Salud), (A, M. ANGEL 2014). Se encontró que la concentración del ion cobre no fue detectable en las muestras

de los tres distritos, lo que indica que no exceden la concentración máxima permisible dada por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (2 mg Cu/L) la Norma Técnica Peruana N° 214.003 (1 mg Cu/L) y la Organización Mundial de la Salud (2 mg Cu/L). El promedio aritmético de pH de las muestras provenientes de Puente Piedra fue de 7.730, el promedio aritmético de pH de las muestras provenientes de San Martín de Porres fue de 7.543 y el promedio aritmético de pH del total de muestras provenientes de Miraflores fue de 7.453; valores que están comprendidas en el rango de valor máximo recomendable dado por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (pH 6.5 – 8.5), y por la Norma Técnica Peruana 214.003 (pH 6.5 – 8.5).

En los estudios realizados en agua de consumo humano en los distritos de Carmen Alto, San Juan Bautista, Santiago de Pischa y Acosvinchos, (Vilca. R 1998), del total de 56 muestras procesadas se encontraron microorganismos indicadores de contaminación fecal de un 37.5% en periodo seco, y 45.8% en periodo lluvioso, los cuales mostraron valores superiores a los recomendados por la OMS. Mientras que en los distritos de Vinchos, Soccos, Ocros, Quinua y Chiara del total de muestras analizadas se reportaron microorganismos indicadores de contaminación fecal en un 55% en periodo seco, y 67.5% en periodo lluvioso, los cuales mostraron valores superiores a los recomendados por la OMS; en los distritos de Acocro, Tambillo y San José de Ticllas se encontraron la mayor carga microbiana en un 75% en periodo seco, y 85.7% en periodo lluvioso donde mostraron valores superiores a los recomendados por la OMS.

En un estudio realizado en la ciudad de Huanta, en la red de agua potable se encontró un promedio de 61 UFC/mL de microorganismos mesófilos heterotróficos viables y prácticamente ausencia total tanto de coliformes totales y coliformes termotolerantes, (Chochon, S. Mujica, F 1999). En cambio, en la red de piletas públicas y en la red de distribución del asentamiento humano Accoscca, el promedio encontrado para microorganismos mesófilos heterótrofos viables fue de 49×10^2 y 22×10^3 UFC/100 mL, respectivamente; el promedio para coliformes totales fue de 16×10^2 y 70×10^2 UFC/100 mL, respectivamente; y el promedio para coliformes termotolerantes fue del 1×10^2 y 27×10^2 UFC/100 mL, respectivamente.

2.2 Bases teóricas

Tratamiento convencional del agua

La planta fue construida por la municipalidad provincial de Moyobamba, para tratamiento convencional, consta de sistema de ingreso y medición de caudal, coagulación con mezcla rápida mecánica, floculación con mezcla lenta mecánica, sedimentación convencional, filtración y desinfección con cloro gaseoso. Esta planta fue diseñada para una capacidad de 85 L/s con niveles de turbiedad menor o igual a 80 NTU.

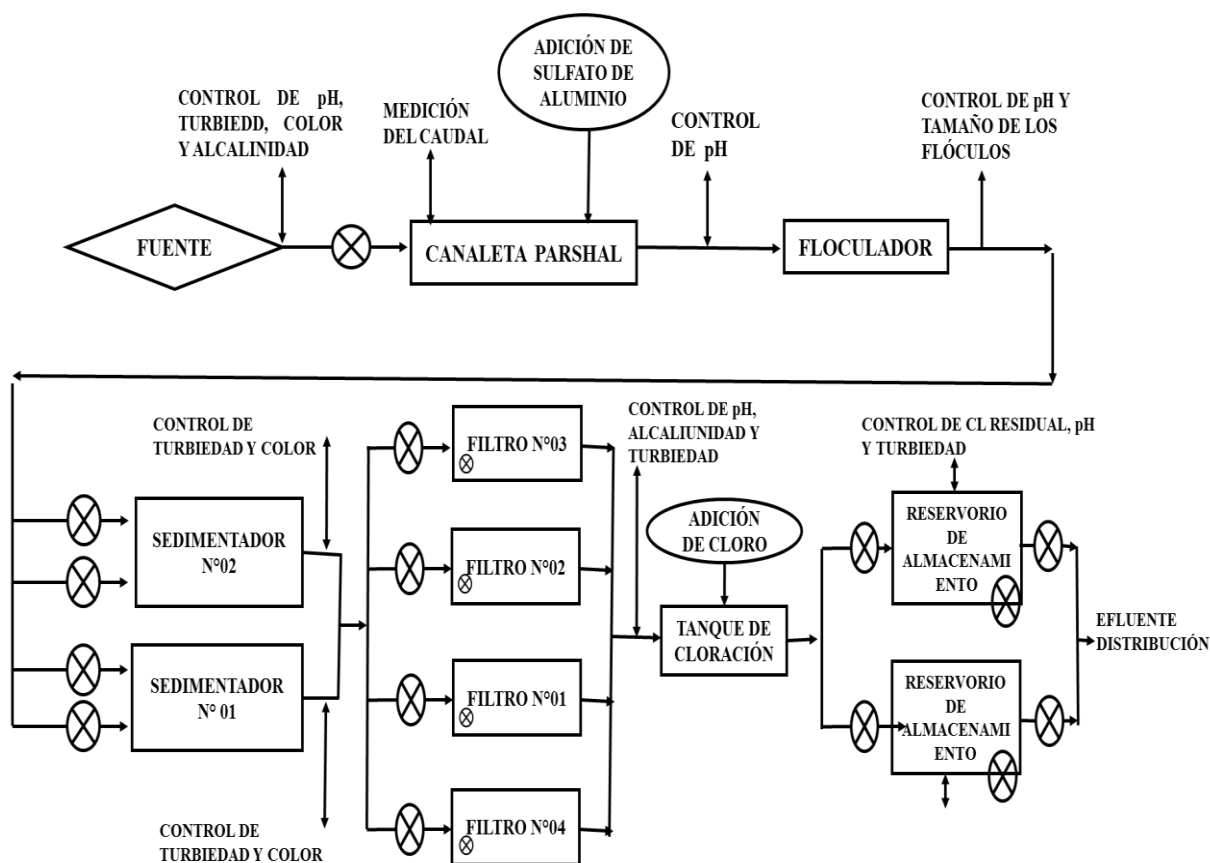


Figura 1. Procesos de la planta de tratamiento de agua - Moyobamba.

Mezcla rápida (Canaleta Parshall)

Se usa la canaleta Parshall normalmente con la doble finalidad de medir el caudal afluente y realizar la mezcla rápida. Generalmente, trabaja con descarga libre donde la corriente líquida pasa de una condición supercrítica a una subcrítica, lo que origina el resalto.

Floculación

El proceso de floculación se desarrolla en una estructura hidráulica de flujo horizontal, dividida en tres zonas consecutivas con gradientes decrecientes y un canal, formado por pantallas corrugadas de asbesto – cemento. El objetivo de este componente es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. La energía que produce la agitación del agua es de origen hidráulico.

Las dimensiones totales de esta estructura de concreto armado son de 5.50 x 14.95 m, y una profundidad variable de 1.65 a 1.69 m.

Canal de reparto a decantadores

Esta zona tiene como objetivo distribuir el caudal de manera uniforme a todas las unidades que operan en paralelo y a lo largo del módulo de placas. Esta función la desempeñan dos canales con diferente ubicación.

Decantador laminar

Este proceso se desarrolla en dos unidades convencionales de flujo horizontal de concreto armado, alimentados equitativamente con agua floculada mediante un canal de sección variable, 4 vertederos y 2 pantallas difusoras con orificios circulares ubicadas a la entrada de cada unidad, además están provistas de canaletas para la recolección de agua clarificada.

Los decantadores laminares pueden tratar caudales mayores en un área y estructura menor, su eficiencia es superior. Por ello, esta unidad es considerada como tecnología apropiada para países en desarrollo y para todo programa de mejoramiento de la calidad del agua que tenga como meta conseguir la mejor calidad al menor costo de producción; esto es, para la sostenibilidad de los proyectos.

Cada una de estas unidades tiene una dimensión de 5.50 x 14.95 x 4.40 m, de profundidad.

Filtración

Este proceso se desarrolla en cuatro filtros rápidos de lecho doble, cuya estructura es de concreto armado, y cuyo proceso de lavado de cada filtro se ejecuta con agua de

los tres restantes, sometiendo al filtro a lavarse con un flujo inverso de agua filtrada (flujo ascendente), que luego es eliminada.

Para poder ejecutar este proceso, cada batería de filtros está dotada de un vertedero general de salida de agua filtrada, cuya función es mantener una altura de agua tal que permita evacuar el agua de lavado a través del canal respectivo.

Cada una de estas unidades, tienen una dimensión de 2.30 x 3.72 x 5.55 m, de profundidad.

Desinfección

En este proceso se cuenta con dos cloradores al vacío con rotámetro e inyector, el mismo que adiciona cloro gaseoso en solución, calculado en función del caudal total medido al ingreso a la planta y la dosis de cloro establecida (1 mg/L). Finalmente de esta cámara sale el agua potable para el almacenamiento.

Conducción de agua tratada

Las salidas de la planta se hacen mediante tubería de asbesto - cemento, que conectan la planta de tratamiento con los tanques de almacenamiento, una tubería de asbesto cemento de 10” conectadas directamente de los filtros hasta el reservorio No. 1, reservorio No. 2, tiene una longitud aproximada de 200 metros y se encuentran en buen estado.

Reservorio de almacenamiento

Se cuenta con dos reservorios de almacenamiento en perfectas condiciones estructurales y funcionando a diario, son de forma circular, paralelos, con entradas y salidas independientes, denominados reservorio No. 1 y No.2.

- Reservorio No. 1: Esta unidad es superficial, construido en concreto reforzado, este reservorio tiene una capacidad de 800m³ de agua tratada que se destina a abastecer a la ciudad de Moyobamba.
- Reservorio No. 2: Unidad superficial en concreto reforzado, este tanque tiene un volumen de almacenamiento de 450m³, que sale a la red de distribución para abastecer al pueblo en general.

Determinación del índice de calidad del agua (ICA)

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos en función de los usos del agua, el ICA, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. (Servicio nacional de estudios territoriales), este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad del agua existentes. Para la determinación del ICA intervienen 9 parámetros los cuales son:

- Coliformes fecales (en Ufc/100mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L)
- Nitratos (NO_3^- en mg/L)
- Fosfatos (PO_4^{3-} en mg/L)
- Cambio de temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Esta determinación está basada en los parámetros más representativos de calidad de agua para uso poblacional (INRENA, 1999), a los que en el procedimiento se les asigna un peso relativo; entre estos cabe mencionar: Oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes (fecales), pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez, sólidos totales.

Para el cálculo del ICA, se utilizaron los valores promedio de los parámetros mencionados, los cuales fueron incorporados en los gráficos de sensibilidad, en donde, como función de la concentración del parámetro, se obtiene el valor de Q; para luego ser multiplicados por el factor de revisión (pesos específicos de cada parámetro); siendo la sumatoria de los productos parciales el ICA, en cada punto de monitoreo. Los índices se calcularon de acuerdo al índice de la calidad del agua (ICA) desarrollado por primera vez, por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) en 1970 y citado por Canter (1998); fórmula que es una función ponderada de agregación producto cuya expresión matemática, es:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Donde:

ICA : Índice de calidad de agua.

W : Pesos de importancia asignados a las variables. (Tabla 2)

Para ver los descriptores de calidad y colores propuestos para presentar los índices de calidad de agua, ver Tabla 19.

Evaluación de la calidad de agua

El proceso de verificación de la calidad sanitaria del agua que proporciona la planta a los usuarios, se realiza a través del cotejo de los valores establecidos en la norma de calidad de agua para consumo humano con los resultados de las muestras analizadas.

La toma de muestra se realizó de acuerdo al manual de instrucciones para toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio.

El muestreo se tomó en la red de distribución (en la ciudad de Moyobamba) para poder establecer la calidad del agua que consume la población.

Para realizar los análisis fisicoquímicos se empleó el laboratorio de Ciencias Ambientales y Sanitarias de la Universidad Nacional de San Martín, y para los análisis bacteriológicos se mandaron a analizar las muestras en el laboratorio de EMAPA San Martín; teniendo en cuenta los procedimientos pautados para la determinación de parámetros como: el oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, temperatura, turbiedad y sólidos totales disueltos.

2.3 Definición de términos

Tratamiento convencional

Proceso de tratamiento bien conocido y utilizado en la práctica, generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario y frecuentemente se incluye la desinfección mediante cloración. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

Coagulación

Desestabilización de un coloide producida por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, con la formación de núcleos microscópicos. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Coagulantes

Sulfato de Alúmina: Conocido como alumbre, es un coagulante efectivo en intervalos de pH 6 a 8. Produce un flóculo pequeño y esponjoso por lo que no se usa en precipitación previa de aguas residuales por la alta carga contaminante del agua. Sin embargo, su uso está generalizado en el tratamiento de agua potable y en la reducción de coloides orgánicos y fósforo. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Sulfato Férrico: Funciona de forma estable en un intervalo de pH de 4 a 11, uno de los más amplios conocidos. Producen flóculos grandes y densos que decantan rápidamente, por lo que está indicado tanto en la precipitación previa como en la precipitación de aguas residuales urbanas o industriales. Se emplea también en tratamiento de agua potable, aunque en algún caso puede producir problemas de coloración. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Cloruro Férrico: Es similar al anterior, aunque de aplicación muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es enérgico, aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Floculación

Aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microflóculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos. (Jimeno, 1998). También es la

agrupación de partículas coloidales en agregaos de mayor tamaño, flóculos, los cuales sedimentan por gravedad.

Para favorecer la formación de flóculos más voluminosos y su sedimentación, se suelen utilizar determinados productos químicos (floculantes), generalmente de naturaleza polimérica.

DBO₅

Es la cantidad de oxígeno requerida para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia en un período de 5 días.

Se expresa en mg/L, y corresponde a la diferencia entre el oxígeno inicial y el oxígeno restante al final de la prueba. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Sólidos totales

Es la materia que queda como residuo de evaporación de un litro de agua a una temperatura comprendida entre los 103 y 105 grados centígrados. Los sólidos totales están compuestos por materia flotante, en suspensión, material coloidal y minerales disueltos. Puesto que la naturaleza de cualquiera de estos sólidos puede ser orgánica o inorgánica y la fracción orgánica se oxida y expulsa como gas a los 600 grados, restando la materia inorgánica como ceniza, se habla de sólidos suspendidos volátiles y sólidos suspendidos fijos, (Coral, 2013).

Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; y en dispersión coloidal. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Sedimentación

También llamada decantación que es la separación de un sólido del seno de un líquido por efecto de la gravedad. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

Agua tratada

Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano, (Dirección general de salud ambiental, MINSA Lima – Perú 2011).

Agua de consumo humano

Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal, (Dirección general de salud ambiental, MINSA Lima – Perú 2011).

Límite máximo permisible

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua, (Dirección general de salud ambiental, MINSA Lima – Perú 2011).

Sistema de tratamiento de agua

Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano, (Dirección general de salud ambiental, MINSA Lima – Perú 2011).

Calidad de agua

Se denomina calidad de agua a la característica que se le atribuye al líquido en el momento de su uso, (Romero, J). La misma se ve afectada por distintos factores debido al tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua.

No existe en una totalidad el agua químicamente pura, ya que al estar en contacto con cualquier tipo de elemento alteran su composición y por ende su calidad. Estos métodos tienen distintos parámetros tanto físicos, químicos como microbiológicos, (Sierra, 2011). Una vez analizados se debe comparar con la normativa correspondiente para determinar si el uso directo del agua es seguro o si es necesario algún tratamiento previo.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Sistema de hipótesis

- **H₀** = El tratamiento convencional, influye significativamente en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba.
- **H₁** = El tratamiento convencional, no influye significativamente en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba.

3.2 Sistema de variables

Variable dependiente (Y): Calidad del agua para consumo humano.

Variable independiente (X): Tratamiento convencional de agua potable.

Tabla 1

Variables, dimensiones e indicadores.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Y: Calidad del agua para consumo humano.	<ul style="list-style-type: none">• Coliformes fecales• pH• DBO₅• Nitratos (NO₃⁻)• Fosfatos (PO₄³⁻)• Temperatura• Turbidez• Sólidos totales• Oxígeno disuelto	<ul style="list-style-type: none">• En (Ufc/100mL)• En (unidades de pH)• En (mg/L)• En (mg/L)• En (mg/L)• En (°C)• En (UNT)• En (mg/L)• En (% saturación)
X: Tratamiento convencional de agua potable.	Planta de tratamiento convencional de agua potable de Moyobamba.	% de remoción de la carga contaminante para determinar la influencia del tratamiento convencional.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3 Tipo de método de la investigación

- **De acuerdo a la orientación:** Básica
- **De acuerdo a la técnica de contrastación:** Descriptiva

3.4 Diseño de investigación

Para el diseño de contrastación de la hipótesis se empleará el diseño pretest-posttest de un solo grupo. En este diseño se efectúa una observación antes de introducir la variable independiente (O_1) y otra después de su aplicación (O_2). Por lo general las observaciones se obtienen a través de la aplicación de una prueba u observación directa, cuyo nombre asignado depende del momento de aplicación. Si la prueba se administrara antes de la introducción de la variable independiente se le denomina pretest y si se administra después que entonces se llama posttest; se tomará muestras de agua antes de la entrada a la planta de tratamiento y conexiones domiciliarias, distribuidas en la parte alta, media y baja de la ciudad de Moyobamba. Se manipulará la variable independiente, en donde el tratamiento convencional de agua potable debe ser óptimo, luego se realizará los análisis físicos, químicos y bacteriológicos tales como oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez, sólidos totales; a la salida de cada vivienda muestreada.

Con los datos obtenidos se realizará la comparación de resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua, antes y después del tratamiento convencional, para determinar el porcentaje de remoción y determinar la influencia en la calidad de agua para consumo.

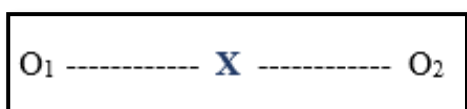


Figura 2. Diagrama del diseño.

Donde:

O₁ = Parámetros iniciales de calidad del agua, antes del tratamiento.

X = Tratamiento convencional de agua potable.

O₂ = Parámetros finales de calidad del agua, después del tratamiento.

Identificación de los puntos de muestreo

a) Muestra N° 1: Vivienda de muestreo

- Zona alta (Z-1): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Santa Rosa 132
 - ✓ Altitud: 876 msnm
 - ✓ Fecha: 23/09/2015
 - ✓ Coordenadas: X:281028; Y: 9332222

- Zona media (Z-2): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Cajamarca 625
 - ✓ Altitud: 856 msnm
 - ✓ Fecha: 23/09/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 281438; Y: 9332557

- Zona baja (Z-3): Barrio Zaragoza
 - ✓ Dirección: Jr. 20 de abril 828
 - ✓ Altitud: 806 msnm
 - ✓ Fecha: 23/09/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 282628; Y: 9333824

b) Muestra N° 2: Vivienda de muestreo

- Zona alta (Z-1): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Santa Rosa 132
 - ✓ Altitud: 876 msnm
 - ✓ Fecha: 23/10/2015
 - ✓ Coordenadas: X:281028; Y: 9332222

- Zona media (Z-2): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Cajamarca 625
 - ✓ Altitud: 856 msnm
 - ✓ Fecha: 23/10/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 281438; Y: 9332557

- Zona baja (Z-3): Barrio Zaragoza
 - ✓ Dirección: Jr. 20 de abril 828
 - ✓ Altitud: 806 msnm
 - ✓ Fecha: 23/10/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 282628; Y: 9333824
- c) Muestra N°3: Vivienda de muestreo
- Zona alta (Z-1): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Santa Rosa 132
 - ✓ Altitud: 876 msnm
 - ✓ Fecha: 23/11/2015
 - ✓ Coordenadas: X:281028; Y: 9332222
 - Zona media (Z-2): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Cajamarca 625
 - ✓ Altitud: 856 msnm
 - ✓ Fecha: 23/11/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 281438; Y: 9332557
 - Zona baja (Z-3): Barrio Zaragoza
 - ✓ Dirección: Jr. 20 de abril 828
 - ✓ Altitud: 806 msnm
 - ✓ Fecha: 23/11/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 282628; Y: 9333824
- d) Muestra N°4: Vivienda de muestreo
- Zona alta (Z-1): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Santa Rosa 132
 - ✓ Altitud: 876 msnm
 - ✓ Fecha: 23/12/2015
 - ✓ Coordenadas: X:281028; Y: 9332222

- Zona media (Z-2): Barrio Calvario
 - ✓ Dirección: Jr. Cajamarca 625
 - ✓ Altitud: 856 msnm
 - ✓ Fecha: 23/12/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 281438; Y: 9332557
- Zona baja (Z-3): Barrio Zaragoza
 - ✓ Dirección: Jr. 20 de abril 828
 - ✓ Altitud: 806 msnm
 - ✓ Fecha: 23/12/2015
 - ✓ Coordenadas: X: 282628; Y: 9333824

3.5 Población y muestra

- **Población.**

Está comprendida por el volumen total (1250 m³) de agua potable que consume la población de Moyobamba.

- **Muestra.**

Por la naturaleza de la investigación se tomaron 6 litros de agua para la realización de las pruebas de laboratorio, estas muestras corresponden a la red de distribución de agua potable de la ciudad de Moyobamba.

3.6 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas aplicadas son de diversas metodologías que se emplean durante el procedimiento para la toma, recolección y análisis físico, químico y microbiológico de las muestras de agua potable.

Etapas de selección de sitio

El presente estudio de investigación se realizó en conexiones domiciliarias, ubicadas en la parte alta, media y baja de la ciudad de Moyobamba.

Los reservorios que abastecen de agua a la ciudad de Moyobamba se encuentran ubicados a 200 metros de la planta de tratamiento, y tienen una capacidad de 450 m³ y 800 m³ cada uno.

La población cuenta con conexiones domiciliarias de agua potable, proveniente de una planta de tratamiento convencional, ubicada en la parte alta de la ciudad. La distribución se inicia a la salida de los reservorios, los mismos que recorren por tuberías de asbesto cemento y PVC, hasta llegar a los hogares.

Cabe resaltar que las aguas son utilizadas para el consumo humano, ya sea como bebida, lavado de ropa y utensilios de cocina y para funciones propias de aparatos sanitarios.

Debido a que la geomorfología de la ciudad es variable, se vio conveniente realizar la investigación y la toma de muestra por zonificación, seleccionando viviendas que se encuentran en la parte alta, media y baja de la ciudad; ya que durante el recorrido podría alterar ciertos parámetros del agua.

Las viviendas elegidas para la toma de muestra se encuentran ubicadas en el Jr. Santa Rosa (zona alta), Jr. Cajamarca (zona media), Jr. 20 de abril (zona baja).

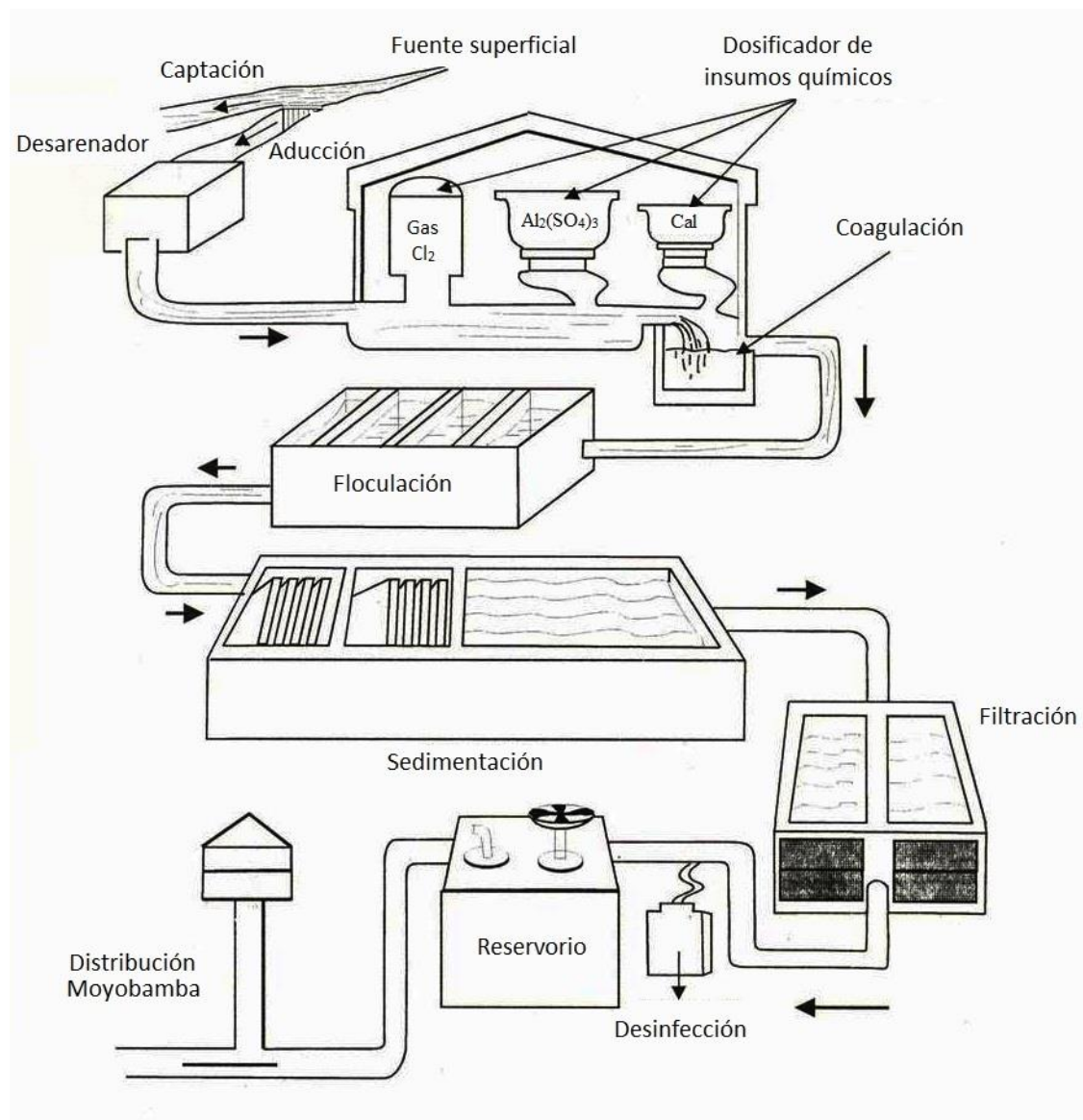


Figura 3. Sistema de abastecimiento de agua potable – Moyobamba

Procedimiento y/o protocolos de la toma de muestras, para los análisis físicos químicos y biológicos.

- Se contó con los frascos de 500 mL de capacidad, adecuados y debidamente esterilizados.
- Se ubicó en el grifo de agua de la vivienda seleccionada.
- Los frascos se enjuagaron dos veces, con la misma agua antes de la toma de muestra.
- Una vez lleno el frasco, se elimina o desecha una parte del agua para dejar un espacio de aire en el envase y lo tapamos.
- Se rotuló el frasco, indicando el nombre de la fuente, fecha, hora, y los parámetros medidos in situ de la toma de muestra.

Determinación de componentes físicos, químicos y biológicos

- **Parámetro: Oxígeno disuelto**

Método: Winkler

Equipo: Bureta graduada de 25 mL de capacidad preferible con llave teflón.

Materiales y reactivos: Matraz erlenmeyer de 250 mL solución de sulfato manganoso (4167) solución de yoduro de potasio alcalino ácido (7166).

- **Parámetro: Coliformes termotolerantes**

Método: Filtración por membrana

Equipo: Filtración al vacío.

Equipos y materiales: Para procesar las muestras y determinar las cargas bacterianas del agua, se necesitan los siguientes equipos y materiales:

- ✓ Una autoclave.
- ✓ Un horno de aire caliente o estufa para esterilización.
- ✓ Un destilador de agua.
- ✓ Una incubadora, con una temperatura de incubación de $35\pm0.5^{\circ}\text{C}$, con termostato y termómetro.
- ✓ Una incubadora, con una temperatura de incubación de $44.5\pm0.2^{\circ}\text{C}$, con termostato y termómetro.
- ✓ Un equipo de filtración (una bomba de vacío o aspirador manual, 01 frasco erlenmeyer kitazato de un litro, mangueras de conexión y porta filtros previamente esterilizados).
- ✓ Frascos de muestreo de vidrio y boca ancha estéril.
- ✓ Placas petri de 48 milímetros x 8.5 milímetros esterilizados.
- ✓ Una pinza sin dientes.
- ✓ Membranas filtrantes esterilizadas, de 47 milímetros de diámetro y una porosidad de 0.45 micrómetros.
- ✓ Almohadillas o pads esterilizados.
- ✓ Un mechero de bunsen, para mantener el ambiente aséptico y efectuar la desinfección de las pinzas utilizadas.
- ✓ Una lupa.
- ✓ Una fuente de luz directa.

Procedimientos analíticos.

Antes de iniciar el examen bacteriológico, se limpió la mesa de trabajo con una solución desinfectante (alcohol 98°C).

- ✓ Preparar el equipo de filtración al vacío.
- ✓ Los portafiltro del equipo de filtración al vacío estuvieron debidamente esterilizados y fríos.
- ✓ Se identificó las placas con tinta indeleble en el área externa de la base.
- ✓ Se abrió la placa de petri estéril con una pinza esterilizada al fuego y colocó una almohadilla o pad. (una placa para coliformes termotolerantes).
- ✓ Se agregó 01 cojín a una placa de petri, de caldo selectivo de medio m-FC para coliformes termotolerantes.
- ✓ Se procedió a tapar la placa de petri estéril y dejó solidificar los medios de cultivo antes de proceder con el análisis.
- ✓ Se colocó el filtro de membrana en los portafiltro.
- ✓ Se retiró la parte superior del portafiltro y con una pinza previamente flameada al mechero y fría, se colocó un filtro de membrana estéril, con la cara cuadriculada hacia arriba y en el centro de la parte superior del portafiltro.
- ✓ Se acopló la parte superior del portafiltro, teniendo cuidado de no dañar la membrana.
- ✓ Se abrió el pase del equipo de filtración para aspirar el agua.
- ✓ Se agregó agua destilada en el interior de los portafiltro.
- ✓ Asimismo, se agregó 30 mililitros de agua destilada estéril con el fin de humedecer la membrana.
- ✓ Se filtró.
- ✓ Luego se añadió a la muestra agua en el interior de los portafiltro.
- ✓ Se vertió 100 mililitros de la muestra de agua.
- ✓ Filtrar.
- ✓ Se separó la parte superior del portafiltro y con una pinza previamente flameada y fría, se retiró la membrana cuidando de que la pinza toque apenas la parte periférica, fuera del área de filtración.
- ✓ Se acopló nuevamente la parte superior del portafiltro a la parte inferior.

- ✓ Se colocó la membrana filtrada en la placa de petri, teniendo cuidado de no contaminar el filtro de membrana, se colocó en la placa de petri con la superficie cuadriculada hacia arriba, sobre la almohadilla embebida en el medio de cultivo.
- ✓ Se verificó que no se formen bolsas de aire entre la membrana y la almohadilla con el medio de cultivo.
- ✓ Invertir la placa de petri, es decir, con la tapa hacia abajo.

Incubación de las placas de petri, coliformes termotolerantes.

- ✓ Prender la incubadora y poner a temperatura adecuada.
- ✓ Poner en la incubadora las placas de petri, colocándolas en posición invertida.
- ✓ Para coliformes termotolerantes (placas con medio m-FC).
- ✓ La incubación será a 44.5 ± 0.2 °C durante 24 horas.
- ✓ Lectura y verificación, después de la incubación.

Coliformes termotolerantes.

- ✓ Se puso las placas con filtros de membrana a la lupa.
- ✓ Se seleccionó las colonias típicas de coliformes, de color azul.
- ✓ Se efectuó el recuento de las colonias típicas en las placas seleccionadas para la lectura.

• **Parámetro: pH**

Método: Potenciométrico.

Equipo: Potenciómetro.

Procedimiento: Se llenó la muestra en el vaso precipitado hasta 150 mL. Se introdujo el electrodo en el vaso precipitado que contiene la muestra.

• **Parámetro: Demanda bioquímica de oxígeno**

Método: Electro de membrana

Equipo: Medidor de oxígeno disuelto, regulada a 20°C con agitador magnético.

Materiales y reactivos: Frascos de DBO x mL, solución amortiguadora (Fosfato monopotásico, fosfato dipotásico, fosfato disódico 7 hidrato, cloruro de amoníaco), solución de sulfato de magnesio, solución de cloruro de calcio, solución de cloruro férrico.

- **Parámetro: Temperatura**

Método: Medición directa.

Equipo: Termómetro ambiental.

Procedimiento: Se introduce el termómetro en el agua que se va a tomar la muestra, luego se espera unos 10 minutos aproximadamente para que se estabilice; luego se toma la lectura y se registra conjuntamente con la muestra.

- **Parámetro: Fosfato total**

Procedimiento:

- ✓ Se llenó una celda de 10 mL con la muestra.
- ✓ Se añadió el contenido de un cojín “fosfo” a la celda.
- ✓ Se llenó una segunda celda de 10 mL con la muestra.
- ✓ Se colocó la celda en el poseedor celular.
- ✓ Se colocó la celda con la muestra preparada en el poseedor celular.
- ✓ Los resultados obtenidos están dados en mg/L de fosfato total.

- **Parámetro: Nitratos**

Procedimiento:

- ✓ Se llenó una celda de 10 mL con la muestra.
- ✓ Se añadió el contenido de un cojín “nitrover 5” a la celda.
- ✓ Se llenó una segunda celda de 10 mL con la muestra.
- ✓ Se colocó la celda en el poseedor celular.
- ✓ Se colocó la celda con la muestra preparada en el poseedor celular.
- ✓ Los resultados obtenidos están dados en mg/L de nitrato.

- **Parámetros: Turbidez**

Método: Nefelométrico.

Equipo: Turbidímetro.

Procedimiento:

- ✓ Se aplicó el método Nefelométrico.
- ✓ Se llenó la celda con la muestra a 15 mL.
- ✓ Se introdujo la celda que contiene la muestra en el turbidímetro.
- ✓ Los valores tomados fueron en unidades NTU (unidad nefelométrica de turbiedad).

- **Parámetros: Sólidos totales**

Método: Conductividad.

Equipo: Conductímetro.

Procedimiento:

- ✓ Se llenó la muestra en el vaso precipitado hasta 150 mL.
- ✓ Se introdujo en el vaso precipitado el electrodo hasta la marca indicada.

Determinación del índice de calidad del agua (ICA)

Esta determinación está basada en los parámetros más representativos de calidad de agua para uso poblacional (INRENA, 1999), a los que en el procedimiento se les asigna un peso relativo; entre estos cabe mencionar: Oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes (fecales), pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez, sólidos totales.

Para el cálculo del ICA, se utilizaron los valores promedio de los parámetros mencionados, los cuales fueron incorporados en los gráficos de sensibilidad, en donde, como función de la concentración del parámetro, se obtiene el valor de Q; para luego ser multiplicados por el factor de revisión (pesos específicos de cada parámetro); siendo la sumatoria de los productos parciales el ICA, en cada punto de monitoreo.

Tabla 2

Cálculo del ICA en un punto de monitoreo.

Parámetros	Resultados	Valor de “Q”	Factor de revisión	Total
Oxígeno disuelto	% Saturación		0.17	
Coliforme fecal	col/100 mL		0.16	
pH	Unidades		0.11	
DBO ₅	mg/L		0.11	
Temperatura	Cambio °C		0.10	
Fosfato total	mg/L		0.10	
Nitratos	mg/L		0.10	
Turbidez	NTU		0.08	
Sólidos totales	mg/L		0.07	
Índice de calidad del agua (ICA)				

Nota. Fuente: Vergara, 2002

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Medición de los parámetros iniciales (antes del tratamiento): físicos, químicos y biológicos del agua para consumo humano de la ciudad de Moyobamba.

Del objetivo específico (01) uno se ha obtenido datos de los análisis físicos, químicos y biológicos tales como oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez, sólidos totales; de las muestras del agua para consumo humano previo al tratamiento.

Tabla 3

Resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua previa al tratamiento en los meses de medición del 2015.

Parámetro	Unidad	Muestras de agua cruda				Promedio
		M1	M2	M3	M4	
Oxígeno disuelto	mg/L	8.20	9.40	9.56	9.78	9.24
Coliformes fecales	Ufc/100mL	75.00	68.00	68.00	112.00	80.75
pH	pH	8.33	8.36	7.85	7.78	8.08
DBO ₅	mg/L	0.90	0.50	0.70	0.60	0.68
Nitrato	mg/L	32.23	30.45	34.50	31.23	32.10
Fosfato total	mg/L	2.00	9.00	12.00	12.00	8.75
Temperatura	°C	23.67	24.3	24.00	24.67	24.16
Turbiedad	UNT	15.00	14.00	20.00	28.00	19.25
Sólidos totales disueltos.	ppm	445.00	453.00	456.00	467.00	455.25

Nota. Fuente: EPS - Moyobamba.

4.2 Medición de los parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos del agua de consumo humano en tres sectores de la ciudad de Moyobamba.

Del objetivo específico (01) uno se han obtenido datos de los análisis físicos, químicos y biológicos tales como: Oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez, sólidos totales; de las muestras del agua de consumo humano en tres sectores de la ciudad de Moyobamba, los cuales se dividieron en zona alta, media y baja.

Las muestras de agua se tomaron durante los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2015, en el cual se cuantifican los valores para determinar el índice de calidad del agua y su influencia en cuanto a los límites máximos permisibles del reglamento de la calidad del agua para consumo humano Ley N°26338 DS N° 031-2010-SA. MINSA.

Tabla 4

Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos – setiembre, 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio
		Alta	Media	Baja	
Oxígeno disuelto	mg/L	4.96	5.12	5.26	5.11
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	pH	6.89	6.97	7.09	6.98
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrato	mg/L	10.00	30.00	30.00	23.33
Fosfato total	mg/L	0.01	0.02	0.02	0.02
Temperatura	°C	22.60	22.70	21.90	22.40
Turbiedad	UNT	2.02	2.31	2.36	2.23
Sólidos totales disueltos	ppm	301.80	298.60	259.30	286.57

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos – octubre, 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio
		Alta	Media	Baja	
Oxígeno disuelto	mg/L	5.38	5.59	5.80	5.59
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	pH	8.09	8.25	5.52	7.29
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrato	mg/L	10.00	10.00	20.00	13.33
Fosfato total	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01
Temperatura	°C	24.70	21.30	23.40	23.13
Turbiedad	UNT	1.16	1.35	1.98	1.50
Sólidos totales disueltos	ppm	231.30	227.90	208.73	222.64

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos – noviembre 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio
		Alta	Media	Baja	
Oxígeno disuelto	mg/L	5.86	5.89	5.91	5.89
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	pH	6.77	6.93	6.95	6.88
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrato	mg/L	10.00	10.00	20.00	13.33
Fosfato total	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01
Temperatura	°C	23.50	23.80	23.80	23.70
Turbiedad	UNT	1.88	1.90	1.90	1.89
Sólidos totales disueltos	ppm	257.40	253.20	252.70	254.43

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Resultado de parámetros físicos, químicos y biológicos – diciembre 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio
		Alta	Media	Baja	
Oxígeno disuelto	mg/L	5.66	5.73	5.74	5.71
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	pH	7.67	7.88	8.96	8.17
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrato	mg/L	20.00	20.00	30.00	23.33
Fosfato total	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
Temperatura	°C	22.60	22.60	22.70	22.63
Turbiedad	UNT	2.10	2.10	2.30	2.17
Sólidos totales disueltos	ppm	295.10	290.80	290.20	292.03

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Límites máximos permisibles del agua para consumo humano - 2010.

Parámetro	Unidad	LMP
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 6
Coliformes fecales	fc/100mL	0
pH	pH	6.5 - 8.5
DBO ₅	mg/L	0
Nitrato	mg/L	50
Fosfato total	mg/L	0.15
Temperatura	°C	<35
Turbiedad	UNT	5
Sólidos totales disueltos	ppm	1000

Nota. Fuente: Ley 26338 y su Reglamento DS N° 031-2010-SA. MINSA

4.3 Determinación de la influencia en el tratamiento convencional del agua en los diferentes puntos de monitoreo, con respecto a los límites máximos permisibles (L.M.P.).

Tabla 9

Resultado de oxígeno disuelto – setiembre a diciembre, 2015.

Oxígeno disuelto					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	mg/L	4.96	5.12	5.26	5.11
M2	mg/L	5.38	5.59	5.80	5.59
M3	mg/L	5.86	5.89	5.91	5.89
M4	mg/L	5.66	5.73	5.74	5.71
LMP	mg/L	≥ 6.00			5.58

Nota. Fuente: Elaboración propia.

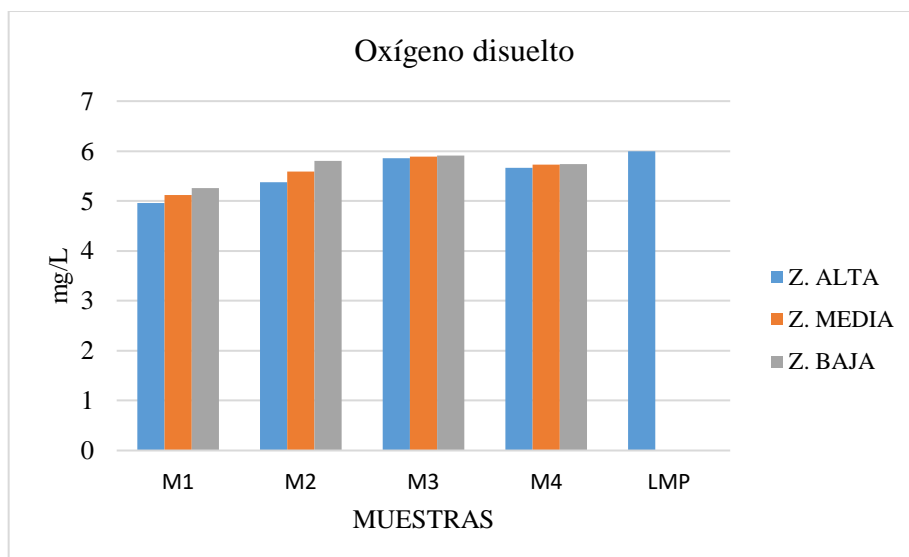


Figura 4. Variación del parámetro oxígeno disuelto.

Interpretación:

El oxígeno disuelto en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Moyobamba, no está dentro de los límites máximos permisibles. Sin embargo, aún es una cantidad que se considera como aceptable.

En noviembre (M3), en la zona baja se tiene un resultado muy cerca del LMP presentando un resultado de 5.91 mg/L de promedio.

Tabla 10

Resultado de coliformes fecales – setiembre a diciembre, 2015.

Coliformes fecales					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
M2	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
M3	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
M4	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
LMP	mg/L		0.00		0.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El tratamiento convencional de agua potable, muestra un tratamiento eficiente para los coliformes fecales, en los resultados realizados no se encuentra presencia de este parámetro dando un resultado de 0.00 UFC, cumpliendo con los límites máximos permisibles.

Tabla 11

Resultado de potencial de hidrógeno – setiembre a diciembre, 2015.

Potencial de hidrógeno					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	pH	6.89	6.97	7.09	6.98
M2	pH	8.09	8.25	5.52	7.29
M3	pH	6.77	6.93	6.95	6.88
M4	pH	7.67	7.88	8.96	8.17
LMP	pH		8.50		7.33

Nota. Fuente: Elaboración propia.

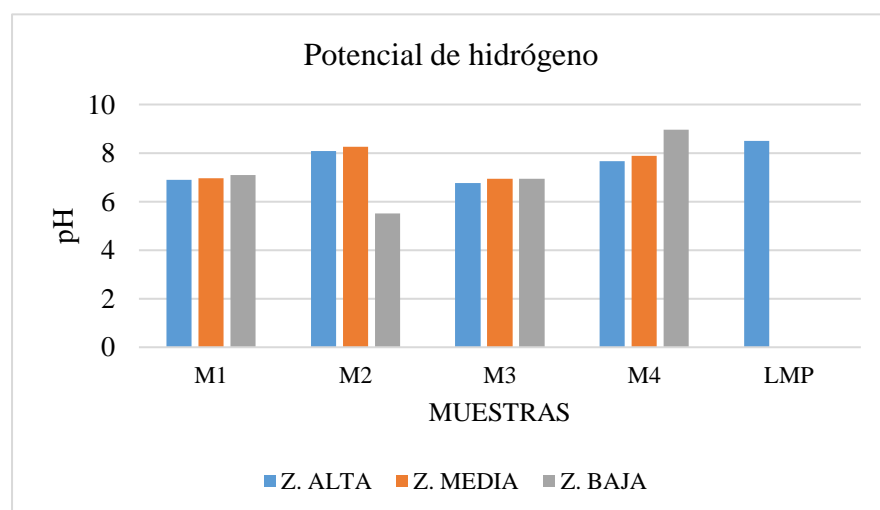


Figura 5. Variación del parámetro potencial de hidrógeno.

Interpretación:

La calidad del agua y el valor de pH están relacionados. El pH es un factor importante puesto que algunos procesos químicos y biológicos solo pueden actuar cuando el agua presenta un determinado valor de pH.

Las aguas destinadas para consumo humano en Moyobamba, en su mayoría se encuentran dentro de los rangos establecidos por los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano; solo excede en diciembre (M4) zona baja, con un resultado de 8.96 pH.

Tabla 12

Resultado de demanda bioquímica de oxígeno – setiembre a diciembre, 2015.

Demanda bioquímica de oxígeno					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
M2	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
M3	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
M4	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
LMP	mg/L		0.00		0.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Según los datos obtenidos en el laboratorio, en las cuatro muestras recolectadas para la elaboración de este proyecto, los valores numéricos de la demanda bioquímica de oxígeno resultó ser 0.00, indicando que no hay presencia de materia orgánica y que sí se está cumpliendo con los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.

Tabla 13

Resultado de nitrato – setiembre a diciembre, 2015.

Nitrato					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	mg/L	10.00	30.00	30.00	23.33
M2	mg/L	10.00	10.00	20.00	13.33
M3	mg/L	10.00	10.00	20.00	13.33
M4	mg/L	20.00	20.00	30.00	23.33
LMP	mg/L		50.00		18.33

Nota. Fuente: Elaboración propia.

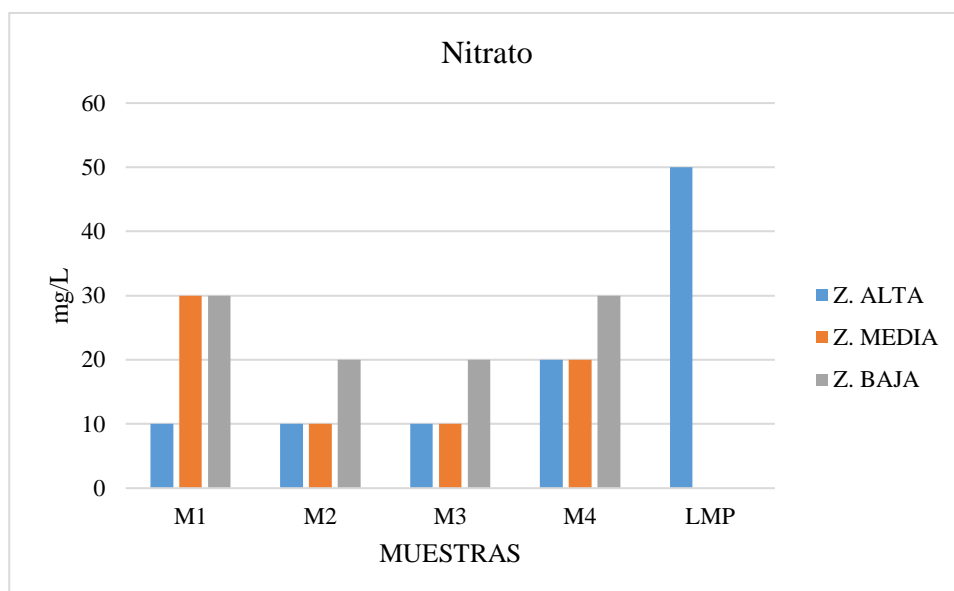


Figura 6. Variación del parámetro nitrato.

Interpretación:

Constituye la especie nitrogenada más abundante de mayor interés en todos los cuerpos de agua naturales. La baja presencia de nitratos imposibilita el fenómeno de eutrofización.

Este parámetro está dentro de los límites máximos permisibles, siendo el más alto el de las muestras 1 y 4 con un resultado de 30 mg/L; con respecto al LMP que es de 50 mg/L.

Tabla 14

Resultado de fosfato – setiembre a diciembre, 2015.

Fosfato total					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	mg/L	0.01	0.02	0.02	0.02
M2	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01
M3	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01
M4	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
LMP	mg/L		0.15		0.01

Nota. Fuente: Elaboración propia.

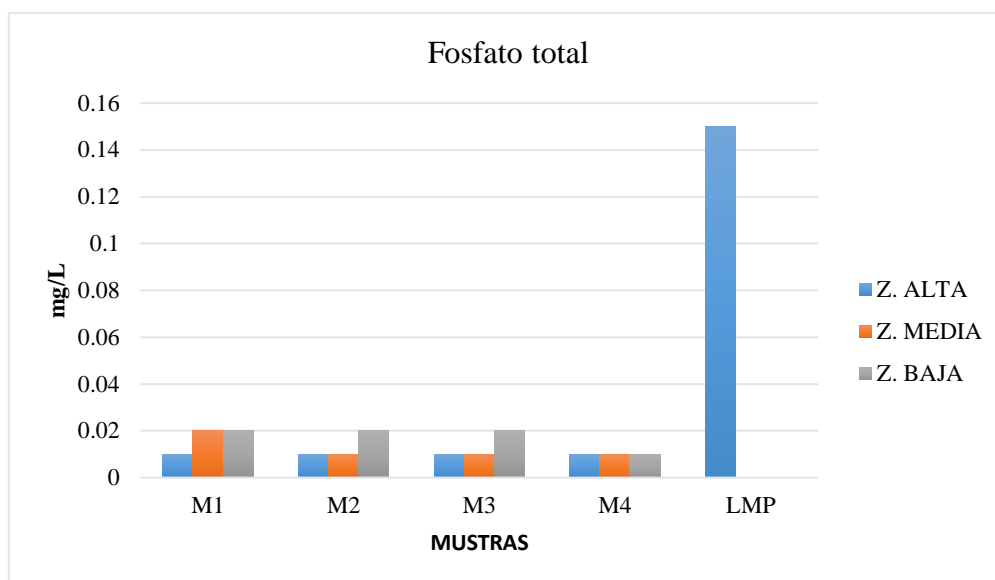


Figura 7. Variación del parámetro fosfato total.

Interpretación:

Los fosfatos son nutrientes de los microorganismos; por esta razón, en elevado número es indicador de contaminación biológica del agua. En el análisis de fosfatos se encontró que este parámetro está muy por debajo de los límites máximos, indicando que el tratamiento es el adecuado.

Tabla 15

Resultado de temperatura – setiembre a diciembre, 2015.

Temperatura					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	°C	22.60	22.70	21.90	22.40
M2	°C	24.70	21.30	23.40	23.13
M3	°C	23.50	23.80	23.80	23.70
M4	°C	22.60	22.60	22.70	22.63
LMP	°C		35.00		22.90

Nota. Fuente: Elaboración propia.

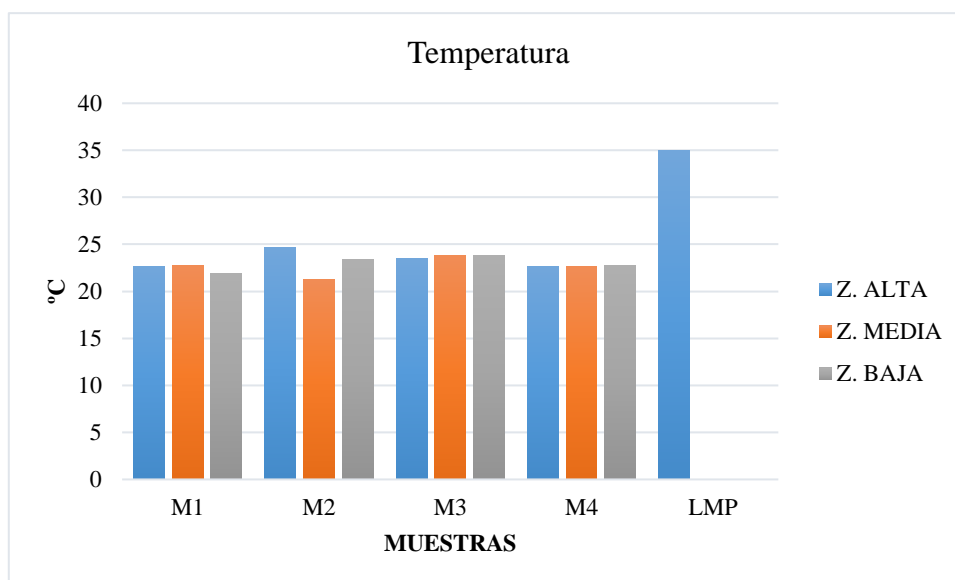


Figura 08. Variación del parámetro temperatura.

Interpretación:

La temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, esto porque se relaciona con varios parámetros.

En los resultados obtenidos de laboratorio vemos que la temperatura está en un promedio normal y que está cumpliendo con la norma de calidad de agua para consumo humano.

Tabla 16

Resultado de turbiedad – setiembre a diciembre, 2015.

Turbiedad					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	UNT	2.02	2.31	2.36	2.23
M2	UNT	1.16	1.35	1.98	1.50
M3	UNT	1.88	1.90	1.90	1.89
M4	UNT	2.10	2.10	2.30	2.17
LMP	UNT		5.00		1.94

Nota. Fuente: Elaboración propia.

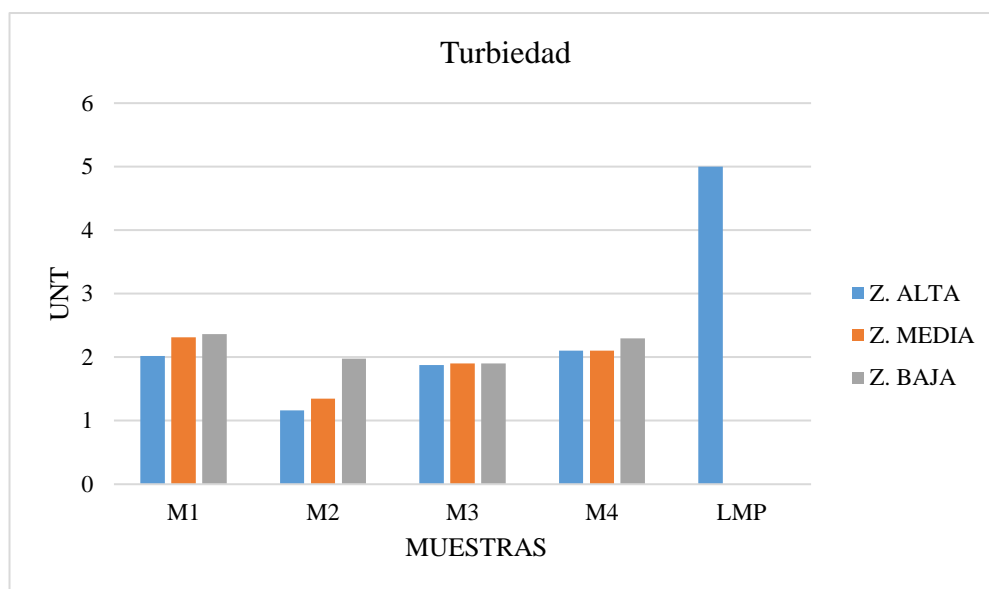


Figura 9. Variación del parámetro turbiedad

Interpretación:

Un indicativo de contaminación de agua es la turbidez, ya que implica la existencia de sustancia o materia orgánica que puede causar un daño a la salud.

El agua potable de la ciudad de Moyobamba se encuentra dentro de los parámetros de calidad de agua para consumo humano, lo que indica la poca presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos.

Tabla 17

Resultado de sólidos totales disueltos – setiembre a diciembre, 2015.

Sólidos totales disueltos					
Muestras	Unidad	Z. Alta	Z. Media	Z. Baja	Promedio
M1	ppm	301.80	298.60	259.30	286.57
M2	ppm	231.30	227.90	208.73	222.64
M3	ppm	257.40	253.20	252.70	254.43
M4	ppm	295.10	290.80	290.20	292.03
LMP	ppm		1000.00		263.9

Nota. Fuente: Elaboración propia.

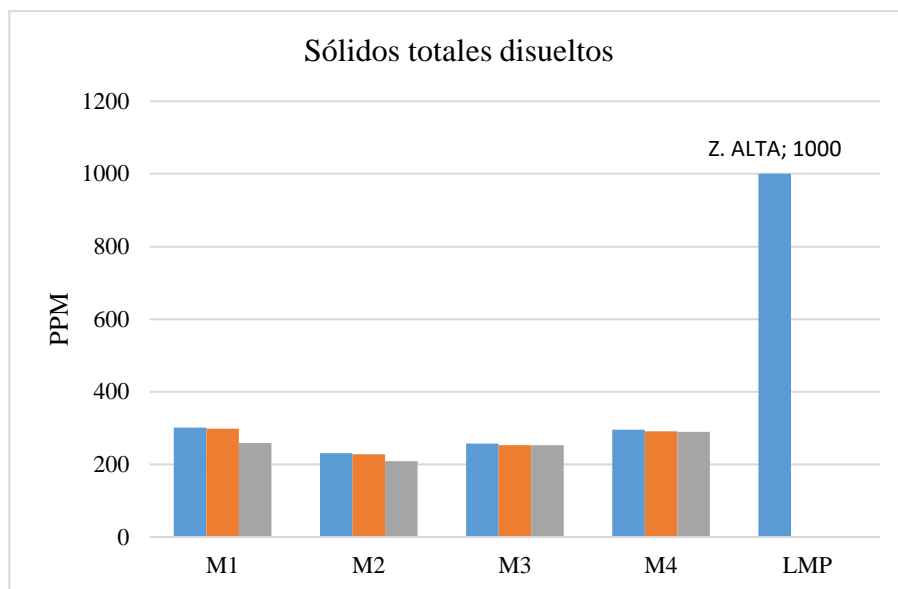


Figura 10. Variación del parámetro sólidos totales disueltos

Interpretación:

Los sólidos totales disueltos indican la presencia de materia suspendida o disuelta en un cuerpo de agua, afectando la penetración de la luz. Según datos obtenidos en el laboratorio, se demuestra que en la ciudad de Moyobamba existe poca presencia de sólidos, de esta manera vemos que está dentro de los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.

4.4 Promedio de los parámetros iniciales (antes del tratamiento) y finales (después del tratamiento).

Para poder medir la influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua se ha determinado los promedios de la medición antes y después del tratamiento, los resultados se detallan a continuación en el que se refleja que el tratamiento convencional influye positivamente en el tratamiento del agua, porque los resultados encontrados están dentro de los límites máximos permisibles de calidad del agua.

Tabla 18

Promedios de las parámetros físicos, químicos y biológicos antes y después del tratamiento del agua.

Parámetro	Unidad	Promedio muestras	
		Agua cruda	Agua tratada
Oxígeno disuelto	mg/L	9.24	5.58
Coliformes fecales	Ufc/100mL	80.25	0.00
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	8.08	7.33
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0.68	0.00
Nitrato	mg/L	32.10	18.33
Fosfato total	mg/L	8.75	0.01
Temperatura	°C	24.16	22.97
Turbiedad	UNT	19.25	1.95
Sólidos totales disueltos	ppm	455.25	263.92

Nota. Fuente: Elaboración propia.

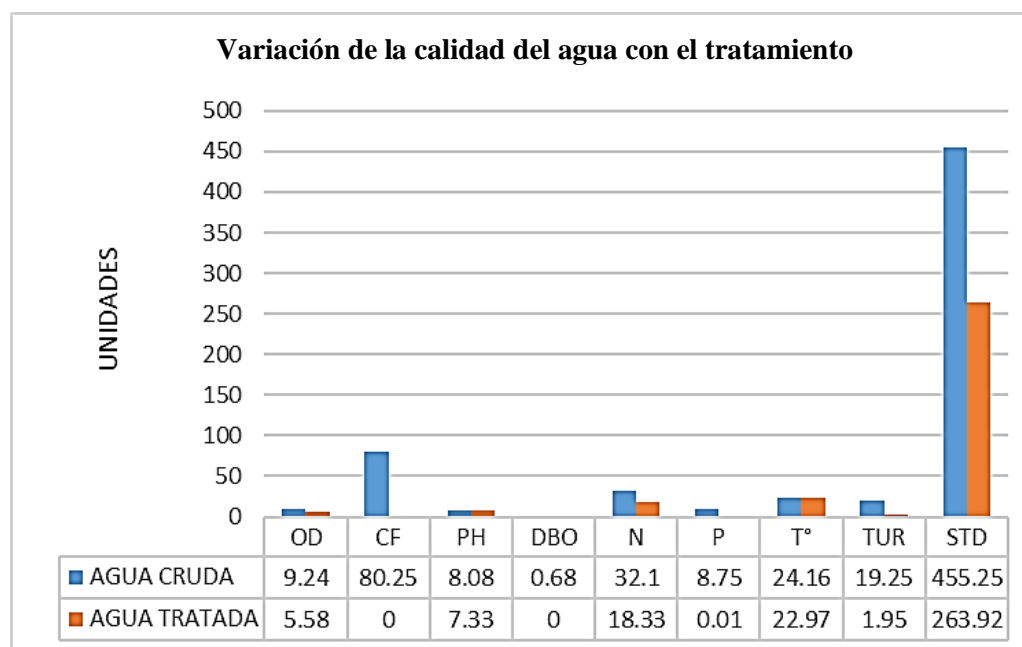


Figura 11. Calidad del agua antes y después del tratamiento.

Interpretación:

En el cuadro se muestra los promedios de la medición de los parámetros antes y después del tratamiento convencional, en el que se refleja claramente que el tratamiento convencional de la ciudad de Moyobamba, influye positivamente en la calidad del agua ya que los resultados antes del tratamiento superan los límites máximos permisibles; después del tratamiento estos resultados están dentro de los rangos que se establece y cumplen para consumo poblacional.






También se aprecia que en el parámetro coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, el porcentaje de remoción es al cien por ciento, de esta manera se demuestra que el tratamiento convencional es adecuado por lo que no se recomienda un tratamiento no convencional porque el tratamiento actual es adecuado para el tipo de fuente que capta la empresa prestadora de servicios de la ciudad de Moyobamba.

4.5 Determinación de los índices de calidad del agua, en los puntos de monitoreo.

Del objetivo específico (02) dos se ha obtenido datos de los análisis físico, químico y biológicos tales como oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez, sólidos totales; de las muestras del agua de consumo humano en tres sectores de la ciudad de Moyobamba, que serán analizados de acuerdo a los índices de calidad de agua.

Tabla 19

Descriptor de calidad y colores propuestos para presentar los índices de calidad de agua.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
EXCELENTE		91-100
BUENA		71-90
REGULAR		51-70
MALA		26-50
PESIMA		0-25

Nota. Fuente: WQI- Canter (1998)

Tabla 20

Resultados del índice de calidad del agua - setiembre, 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio	Valor de "Q"	Factor de revisión	Total
		Alta	Media	Baja				
Oxígeno disuelto	mg/L	4.96	5.12	5.26	5.21	56.00	0.17	9.52
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.16	15.52
pH	pH	6.89	6.97	7.09	6.98	88.00	0.11	9.68
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.11	10.67
Nitrato	mg/L	10.00	30.00	30.00	23.33	34.00	0.10	3.40
Fosfato total	mg/L	0.01	0.02	0.02	0.02	89.00	0.10	8.90
Temperatura	°C	22.60	22.7	21.90	22.40	67.00	0.10	6.70
Turbiedad	UNT	2.02	2.31	2.36	2.23	92.00	0.08	7.36
Sólidos disueltos	ppm	301.80	298.60	259.30	286.57	61.00	0.07	4.27
Temperatura ambiente	°C	25.40	Índice de calidad del agua (ICA)					76.02

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Según la escala del ICA, el valor expuesto en la tabla como resultado de la investigación sobre el tratamiento convencional del agua, nos muestra que la calidad se describe como BUENA para el mes de setiembre.

Tabla 21

Resultados del índice de calidad del agua - octubre, 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio	Valor de "Q"	Factor de revisión	Total
		Alta	Media	Baja				
Oxígeno disuelto	mg/L	5.38	5.59	5.80	5.59	66.00	0.17	11.22
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.16	15.52
pH	pH	8.09	8.25	5.52	7.29	92.00	0.11	10.12
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.11	10.67
Nitrato	mg/L	10.00	10.00	20.00	13.33	46.00	0.10	4.60
Fosfato total	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01	92.00	0.10	9.20
Temperatura	°C	24.70	21.30	23.40	23.13	61.00	0.10	6.10
Turbiedad	UNT	1.16	1.35	1.98	1.50	93.00	0.08	7.44
Sólidos disueltos	ppm	231.30	227.90	208.70	222.64	70.00	0.07	4.90
Temperatura ambiente	°C	26.63	Índice de calidad del agua (ICA)					79.77

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Según la escala del ICA, el valor expuesto en la tabla como resultado de la investigación sobre el tratamiento convencional del agua, nos muestra que la calidad se describe como BUENA para el mes de octubre.

Tabla 22

Resultados del índice de calidad del agua - noviembre, 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio	Valor de "Q"	Factor de revisión	Total
		Alta	Media	Baja				
Oxígeno disuelto	mg/L	5.86	5.89	5.91	5.89	71.00	0.17	12.07
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.16	15.52
pH	pH	6.77	6.93	6.95	6.88	84.00	0.11	9.24
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.11	10.67
Nitrato	mg/L	10.00	10.00	20.00	13.33	46.00	0.10	4.60
Fosfato total	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01	92.00	0.10	9.20
Temperatura	°C	23.50	23.80	23.80	23.70	69.00	0.10	6.90
Turbiedad	UNT	1.88	1.90	1.90	1.89	93.00	0.08	7.44
Sólidos disueltos	ppm	257.40	253.20	252.70	254.43	66.00	0.07	4.62
Temperatura ambiente	°C	26.45	Índice de calidad del agua (ICA)					80.26

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Según la escala establecida del ICA, el valor expuesto en la tabla, como resultado de la investigación, sobre el tratamiento convencional del agua, nos muestra que la calidad se describe como BUENA para el mes de noviembre.

Tabla 23

Resultados del índice de calidad del agua - diciembre, 2015.

Parámetro	Unidad	Zona de muestreo			Promedio	Valor de "Q"	Factor de revisión	Total
		Alta	Media	Baja				
Oxígeno disuelto	mg/L	5.66	5.73	5.74	5.71	68.00	0.17	11.56
Coliformes fecales	Ufc/100mL	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.16	15.52
pH	pH	7.67	7.88	8.96	8.17	79.00	0.11	8.69
DBO ₅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.11	10.67
Nitrato	mg/L	20.00	20.00	30.00	23.33	34.00	0.10	3.40
Fosfato total	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	92.00	0.10	9.20
Temperatura	°C	22.60	22.60	22.70	22.63	64.00	0.10	6.40
Turbiedad	UNT	2.10	2.10	2.30	2.17	92.00	0.08	7.36
Sólidos totales disueltos	ppm	295.10	290.80	290.20	292.03	60.00	0.07	4.20
Temperatura ambiente	°C	25.88	Índice de calidad del agua (ICA)					77.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Según la escala establecida del ICA, el valor expuesto en la tabla, como resultado de la investigación, sobre el tratamiento convencional del agua, nos muestra que la calidad se describe como BUENA para el mes de diciembre.

4.6 Determinación de la influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua mediante el porcentaje de remoción.

Para determinar la influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano, se ha calculado el porcentaje de remoción de los parámetros mediante el tratamiento realizada en planta, para ello se trabajó con los promedios de los resultados medidos antes y después del tratamiento.

La tabla representa cómo el tratamiento mejora la calidad del agua, llegando a cumplir con los límites máximos permisibles, teniendo en algunos parámetros una mayor influencia; pero en general la calidad del agua se ve reflejada en la mejora y cumplimiento de los requerimientos de calidad de agua para uso poblacional.

Tabla 24

Determinación de la influencia del tratamiento convencional mediante el porcentaje de remoción, 2015.

Parámetro	Unidad	Promedio de muestras		Eficiencia %
		Agua cruda	Agua tratada	
Oxígeno disuelto	mg/L	9.24	5.58	39.61
Coliformes fecales	Ufc/100mL	80.25	0.00	100.00
pH	pH	8.08	7.30	9.65
DBO ₅	mg/L	0.68	0.00	100.00
Nitrato	mg/L	32.10	18.33	42.90
Fosfato total	mg/L	8.75	0.01	99.89
Temperatura	°C	24.16	22.97	4.93
Turbiedad	UNT	19.25	1.95	89.87
Sólidos totales disueltos	ppm	455.25	263.92	42.03

Nota. Fuente: Elaboración propia.

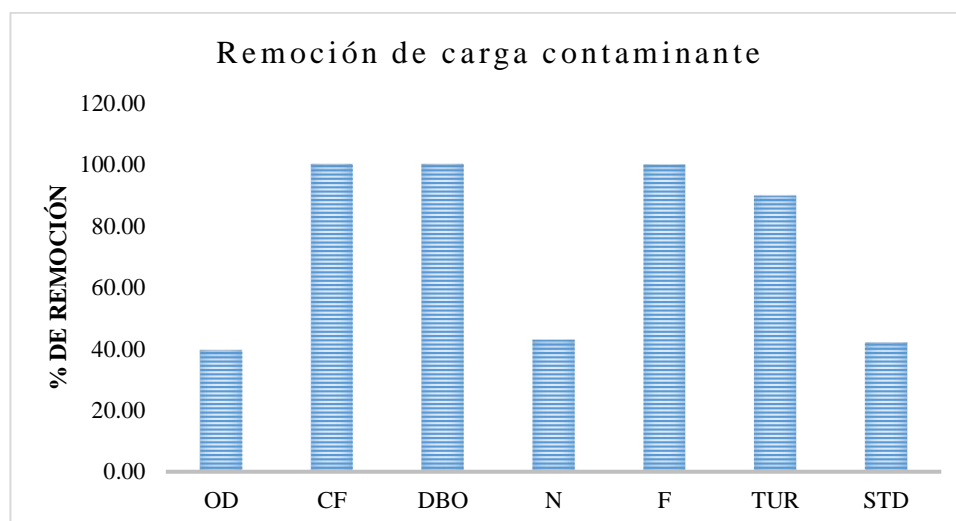


Figura 12. Porcentaje de remoción mediante tratamiento convencional.

Interpretación:

Según como se muestra en la gráfica, el tratamiento convencional influye positivamente en la calidad del agua, los resultados muestran porcentajes de remoción elevados como es el caso de coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, fosforo, turbiedad. Y una remoción media en el nitrógeno y sólidos totales disueltos. Sin embargo el oxígeno disuelto en el agua cruda es de mejor calidad que la de conexión domiciliaria,

ya que durante el proceso de potabilización y distribución del agua, se remueve una importante cantidad de oxígeno, pero aun así el valor está dentro de lo aceptable; demostrando que el proceso de tratamiento es óptimo.

4.7 Discusión de resultados

En el Perú la calidad del agua potable ha venido mejorando paulatinamente en los últimos años según los indicadores de gestión recolectados por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), así al control de calidad como un proceso regulador a través del cual se efectúa una medición del desempeño de la calidad de un producto, (EPS Moyobamba, 2004). Los resultados de esta investigación lo demuestran porque se encontraron que los parámetros analizados están dentro de los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano, hecho por el cual se afirma el mejoramiento de la calidad de agua potable.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Moyobamba son las quebradas Rumiyacu-Mishquiyacu, en las cuales se detectaron cierto grado de contaminación por excretas, sedimentos y turbidez de 10.20 UNT de la quebrada Mishquiyacu y 52.8 UNT en la quebrada de Rumiyacu en la captación de agua; (PEAM, 2005) sobrepasando de esta manera los LMP. Luego del proceso de tratamiento convencional que efectúa la empresa prestadora de servicios (EPS), estos parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma de calidad de agua para consumo humano, dando un promedio de este parámetro en las muestras analizadas de: 1.95 UTN, estando por debajo del LMP establecido que nos dice que debe ser 5 UTN, demostrando así que el tratamiento convencional es el adecuado para este parámetro.

En la investigación realizada por M. Castelo en el 2013, el rediseño de la planta de tratamiento convencional de agua potable de la empresa municipal de faenamiento de ganado de Orellana; en la cual se obtuvo los siguientes resultados en la red de distribución: coliformes (CF=13.33 Col/100mL) y oxígeno disuelto (5.90 mg/L), en la red de distribución de agua tratada de la ciudad de Moyobamba se encontró que los coliformes termotolerantes se logró eliminar completamente y el oxígeno disuelto da 5.58 mg/L, ambos parámetros están dentro de los LMP que establece para coliformes termotolerantes de 0.00 UFC/100mL y oxígeno disuelto 6mg/L, demostrando que la

empresa prestadora de servicio de la ciudad de Moyobamba está cumpliendo con la norma de calidad de agua para consumo humano.

En el estudio realizado sobre tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para consumo humano para comunidades rurales de la frontera norte dentro del programa “Agua limpia en casa en municipios fronterizos” (A. González, A. Martín, R. Figueroa 2010), en el cual se encontró: La turbiedad del efluente en un filtro bien diseñado y operado puede llegar a 1 UTN. En el proceso de tratamiento de la empresa prestadora de servicios de Moyobamba se obtiene un resultado similar dando 1.95 UTN teniendo de esta forma una eficiencia, adecuada y óptima para el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba.

En el tratamiento de agua el proceso de coagulación y floculación se lleva a cabo usando productos comerciales como el sulfato de aluminio o el cloruro de hierro, polímeros naturales, (L. Romero; M Vargas 2013). En esta investigación se obtuvo lo siguiente: Remociones de turbiedad alrededor del 99% y remociones del 100% de DQO. En Moyobamba se obtuvo la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno del 100% y una muy similar de turbiedad, esto se da en todo el proceso de tratamiento hasta llegar a la red de distribución, donde se sacaron las muestras para luego procesarlas.

En el estudio de tratabilidad del río Vilcanota, mediante una planta de tratamiento convencional, (L. Cánepa 1996), se encontraron los siguientes resultados: El promedio aritmético de pH de las muestras es de 7.73, en comparación con el tratamiento que se le da en Moyobamba muestra que el pH da un promedio de 7.33, valores que están comprendidas en el rango de valor máximo recomendable dado por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (pH 6.5 – 8.5), mostrando que se está monitoreando adecuadamente este parámetro en las plantas de tratamiento.

En los estudios realizados en agua de consumo humano en el distrito de Carmen Alto, San Juan Bautista, Santiago de Pischa y Acosvinchos, (Vilca. R 1998), se encontraron microorganismos indicadores de contaminación fecal en un 37.5% (periodo seco), y 45.8% en (periodo lluvioso). En la ciudad de Moyobamba este parámetro se logró remover al 100%, lo que demuestra que la empresa prestadora de servicio está cumpliendo con su deber de proporcionar agua de calidad para el consumo humano.

En un estudio realizado en la ciudad de Huanta, en la red de agua potable se encontró un promedio de 61 UFC/mL de microorganismos mesófilos heterotróficos viables y prácticamente ausencia total tanto de coliformes totales y coliformes termotolerantes, (Chochon, S. Mujica, F 1999). Los coliformes termotolerantes en la ciudad de Moyobamba se removi6 al 100%; de esta manera vemos que el agua potable de la ciudad de Moyobamba est6 con un tratamiento adecuado para este par6metro y que le empresa prestadora de servicios est6 monitoreando adecuadamente el proceso de tratamiento de agua.

Los resultados obtenidos en promedio de los par6metros examinados de todas las muestras son: En el ox6geno disuelto se obtuvo (5.58mg/L), coliformes fecales (0.00 UFC/100mL), pH (7.33 pH), demanda bioqu6mica de ox6geno (0.00 mg/L), nitratos (18.33 mg/L), fosfatos (0.027 mg/L), temperatura (22.97°C), turbiedad (1.95 UTN) y s6lidos totales disueltos (263.92 ppm). Los resultados mostraron que el agua potable de la ciudad cumple con los par6metros de los l6mites m6ximos permisibles de calidad de agua para consumo humano, mostrando que el tratamiento convencional es el adecuado a este tipo de agua.

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminaci6n, conduce a tener una inmensa cantidad de datos de varios par6metros, incluso dimensionalmente distintos, que hace dif6cil detectar patrones de contaminaci6n. El 6ndice de calidad del agua (ICA), como forma de agrupaci6n simplificada de algunos par6metros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho 6ndice sea pr6ctico debe reducir la enorme cantidad de par6metros a una forma m6s simple (Le6n, 1991).

El ICA est6 basado en los par6metros m6s representativos de la calidad del agua para uso poblacional, a los que en la determinaci6n se les asigna un peso relativo, estos son: ox6geno disuelto, coliformes termotolerantes (coliformes fecales), pH, demanda bioqu6mica de ox6geno (DBO), nitratos, f6sforo total, temperatura, turbiedad y s6lidos totales (INRENA, 1996).

Por el tiempo del presente estudio, en que se han realizado los monitoreos; el ICA obtenido no puede ser generalizado para la otra 6poca (avenida), la cual corresponde a

los meses de enero a marzo; época en que los caudales se incrementan notoriamente, igualmente la turbidez, sólidos totales y otros parámetros que fácilmente pueden llevar a un decremento de la calidad del agua. (INRENA, 1996).

Según INRENA, los valores ICA para las aguas de clase I, aguas de abastecimiento doméstico como simple desinfección, debe tener un ICA deseable de 80.1 y valor límite inferior de 70.2; y para la clase II (aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud), deberá tener un ICA deseable de 68.1 y un mínimo de 58.1. Teniendo en cuenta los valores ICA obtenidos en el presente trabajo, se podría afirmar que, las aguas provenientes de la planta de tratamiento de agua potable de Moyobamba pueden ser utilizadas sin ningún riesgo dentro de la clase I de la ley general de aguas (M1, M2, M3 y M4).

Según la escala establecida del ICA, el valor expuesto en las tablas, como resultado de la investigación, sobre el tratamiento convencional del agua, nos muestra que la calidad se la puede describir como BUENA para los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2015.

La alternativa convencional, es la adecuada para el tratamiento del agua de la localidad, de Moyobamba; porque el tratamiento es eficiente y por sus características de diseño el costo de operación y mantenimiento son bajos, lo que no sucede con la alternativa no convencional que para su operación y mantenimiento sus costos son elevados y hace que los costos de tarifa aumenten considerablemente haciendo de esta alternativa no rentable social ni económicamente.

CONCLUSIONES

La planta de tratamiento convencional con la que cuenta la empresa prestadora de servicios (EPS – Moyobamba), influye positivamente en el tratamiento de agua para consumo humano de la ciudad de Moyobamba; esto se ve reflejado en los análisis de las muestras de agua tomadas en la red de distribución, donde se muestra que luego del proceso dado en la planta de tratamiento de agua, los parámetros analizados están dentro de los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano según la norma peruana (Anexo I D.S 031-2010 S.A).

De los parámetros determinados y los correspondientes límites máximos permisibles, se encontró que todos están por debajo de los límites máximos permisibles como se muestra en los resultados obtenidos en promedio de los parámetros examinados de todas las muestras, que son: el oxígeno disuelto se obtuvo (5.58 mg/L), coliformes fecales (0.00 UFC/100 mL), pH (7.33 pH), demanda bioquímica de oxígeno (0.00 mg/L), nitratos (18.33 mg/L), fosfatos (0.027 mg/L), temperatura (22,97 °C), turbiedad (1.95 UTN) y sólidos totales disueltos (263.92 ppm). Los resultados mostraron que el agua potable de la ciudad cumple con los parámetros de los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano, mostrando que el tratamiento convencional es el adecuado a este tipo de agua.

Se determinó los índices de calidad de agua, las muestras fueron tomadas en diferentes zonas de la red de distribución de la ciudad de Moyobamba que son:

- **Zona alta: Barrio Calvario**, dirección: Jr. Santa Rosa 132, altitud: 876 msnm, fecha: 23/09/2015, coordenadas: X:281028; Y: 9332222
- **Zona media: Barrio Calvario**, dirección: Jr. Cajamarca 625, altitud: 856 msnm, fecha: 23/09/2015, coordenadas: X: 281438; Y: 9332557
- **Zona baja: Barrio Zaragoza**, dirección: Jr. 20 de abril 828, altitud: 806 msnm, fecha: 23/09/2015, coordenadas: X: 282628; Y: 9333824

Los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua se realizaron en el laboratorio de Ciencias Ambientales y Sanitarias de la Universidad Nacional de San Martín y los análisis bacteriológicos en el laboratorio de EMAPA San Martín.

Según INRENA, los valores ICA para las aguas de clase I, aguas de abastecimiento doméstico como simple desinfección, debe tener un ICA deseable de 80.1 y valor límite inferior de 70.2; y para la clase II (aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud), deberá tener un ICA deseable de 68.1 y un mínimo de 58.1. Teniendo en cuenta los valores ICA obtenidos en el presente trabajo, se podría afirmar que, las aguas provenientes de la planta de tratamiento de agua potable de Moyobamba pueden ser utilizadas sin ningún riesgo dentro de la clase I de la ley general de aguas (M1, M2, M3 y M4).

Según la escala establecida del ICA, el valor expuesto en las tablas, como resultado de la investigación, sobre el tratamiento convencional del agua, concluimos que la calidad se la puede describir como BUENA para los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2015, sin embargo este resultado podría no ser el mismo para los demás meses del año, ya que en temporadas de lluvias las características fisicoquímicas y biológicas del agua varían.

Se concluye que la alternativa convencional y el diseño de la planta de tratamiento de la ciudad de Moyobamba es adecuada, por lo que la alternativa no convencional se descarta por cuestiones técnicas como su alto costo en operación y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa prestadora de servicios (EPS- Moyobamba), realizar monitoreos periódicos en las zonas más cercana y más lejanas de la red de distribución con la finalidad de conocer las condiciones en la que se encuentra los niveles de calidad de Agua para consumo doméstico.

También se recomienda que en los monitoreos periódicos que realice la empresa prestadora de servicios, participe las autoridades de salud para que ellos puedan hacer algunas recomendaciones al personal que labora en la recolección de las muestras y en el laboratorio.

A la empresa prestadora de servicios se le recomienda trabajar en la protección y recuperación de las fuentes de abastecimiento de las quebradas Rumiyacu y Mishquiyacu, para que de esta manera se mejore la calidad de agua de las fuentes y la empresa prestadora pueda brindar un agua de mejor calidad, esta actividad también le permitirá a la empresa optimizar recursos ya que con esta actividad disminuirá los gastos en el tratamiento del agua.

Se recomienda a la empresa prestadora de servicios trabajar conjuntamente con la municipalidad provincial y gobierno regional con el fin de mejorar la calidad del servicio que se está brindando en la actualidad a la ciudad de Moyobamba.

Se recomienda ampliar la planta de tratamiento convencional, para cubrir a más población, no se recomienda una planta de tratamiento no convencional porque cumpliría el mismo objetivo de tratamiento del agua; generando mayor costo y no sería rentable social ni económicamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, M. Ángel (2014). *Agua potable mediante espectrofotometría de absorción atómica y potenciometría, y su relación con el cobre libre en sistemas intradomiciliarios de agua potable en Lima Metropolitana*. Lima, 50,51pag.
- Angarita, Y (2013). *Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Garzón – Huila*. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, 28,19pag.
- Ascencio, M (2006). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico.14, 15pag.
- Azabache, Y (2008): *Influencia de la actividad antropogénica en la calidad de las aguas de la quebrada Mishquiyaquillo, Moyobamba 2008*. Tesis para optar para el grado académico de ingeniería ambiental. Universidad Nacional de Trujillo.
- Castelo, M. (2013). *Rediseño de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa municipal de Faenamiento de ganado de Orellana, primera Ed*. Riobamba- Ecuador. 88,102pag.
- Chochon, S. Mujica, F (1999). *Calidad de agua para consumo humano. En un estudio realizado en la ciudad de Huanta, Huanta*. 7pag.
- Coral, K. (2013). *Control de la contaminación de aguas residuales*. Primera Ed, Quito: SEK. 44,45pag.
- Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. DS N° 031-2010-SA. Dirección, Lima. 10,11 y 39pag.
- Empresa prestadora de servicios de saneamiento EPS Moyobamba 2004. *Diagnóstico participativo de las áreas de conservación Municipal Rumiyacu, Mishquiyacu, Almendra*. Perú. 20,21Pag.
- González, A. Martín, R. Figueroa (2010). *Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Segunda Ed. México. 3,4pag.

- Jimeno, E (1998). *Análisis de Aguas y Desagües. Edic. Banco de Libros, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). 2da. Edición. Lima, Perú.*
- L. Cánepa (1996). *Estudio de tratabilidad del Río Vilcanota (Cusco), Lima; CEPIS; 1996. 47 p. (CEPIS informe técnico, 444). (OPS/CEPIS/95/IT-444).*
- L. Romero; M Vargas (2013). *Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 2pag.*
- León, L. F. (1991). *Índice de Calidad del Agua-ICA. Inf SH-9101/01. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. 36 pp.*
- Ministerio de agricultura: INRENA. *Instituto Nacional de los Recursos Naturales (1996). Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Vertiente del Pacífico. Vol I- Lima-Perú. 320 pp.*
- Presidente de consejo de ministros. *Reglamento nacional para la aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. D. S. N° 044-98-PCM. Lima. 1998. 1,2 Pag.*
- Proyecto especial alto mayo (PEAM), (1998). *Experiencias sobre Manejo Ambiental en el Valle del Alto Mayo. Gráfica y Ediciones Fénix. Tarapoto, Perú.*
- Proyecto especial Alto Mayo (PEAM). (1998). *Experiencias sobre Manejo Ambiental en el Valle del Alto Mayo. Gráfica y Ediciones Fénix. Tarapoto, Perú.*
- Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: *D.S. N° 031-2010-SA /Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2011. 44 p.; illus.*
- R. Octavio (1999). *Aplicación de estudios de laboratorio al diseño de plantas de tratamiento de agua. Congreso Centroamericano y Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Guatemala. 8.9pag.*
- Romero, J. (2002). *Calidad del agua. Gráfica y ediciones Escuela colombiana de ingeniería, Primera Ed, Bogotá. 107,115pag.*






- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Segunda Ed, Medellín: Universidad de Medellín.*22, 25pag.
- Vergara M. S. (2002). *Índices de calidad de agua y diversidad ictiológica como indicadores de ecogestión del Río Mayo - Región San Martín - Perú. Tesis para optar el Grado de Master en Ciencias. Universidad Nacional de Trujillo.*
- Vilca. R (1998). *Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por entero patógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, Cusco.* 7pag.

ANEXO 1:

**VALORACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y
BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA**

Tabla 19

Descriptor de calidad y colores propuestos para presentar los índices de calidad de agua.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
EXCELENTE		91-100
BUENA		71-90
REGULAR		51-70
MALA		26-50
PESIMA		0-25

Nota. Fuente: WQI- Canter (1998)

Uso como Agua Potable

ICA

90-100	E: No requiere purificación para consumo.
80-90	A: Purificación menor requerida.
70-80	LC: Dudoso su consumo sin purificación.
50-70	C: Tratamiento potabilizador necesario.
40-50	FC: Dudosa para consumo.
0-40	EC: Inaceptable para consumo.

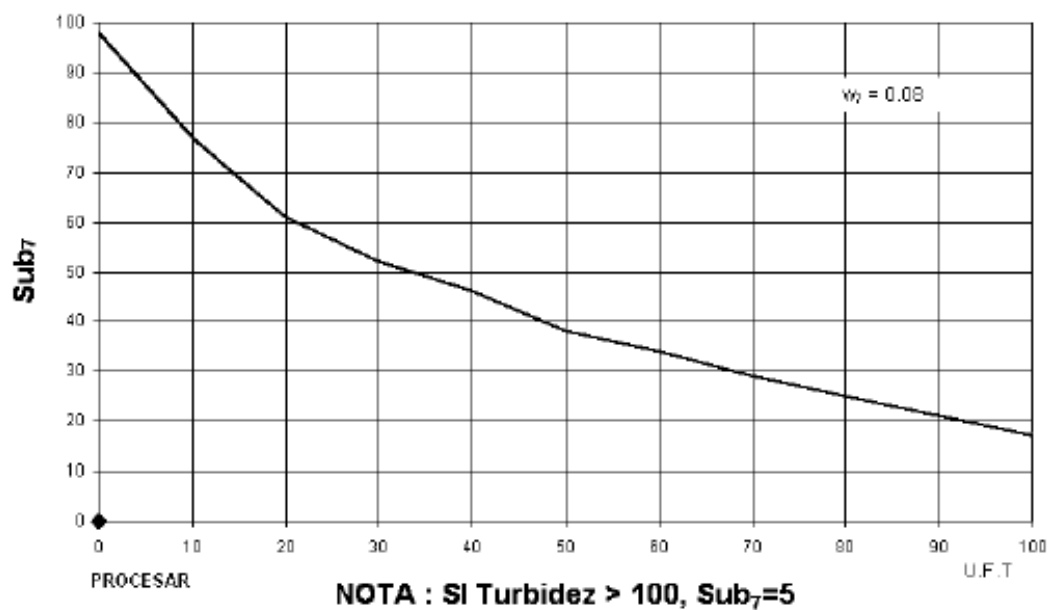
Uso en agricultura

ICA

90-100	E: No requiere purificación para riego.
70-90	A: Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua
50-70	LC: Utilizable en mayoría de cultivos.
30-50	C: Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
20-30	FC: Uso sólo en cultivos muy resistentes.
0-20	EC: Inaceptable para riego.

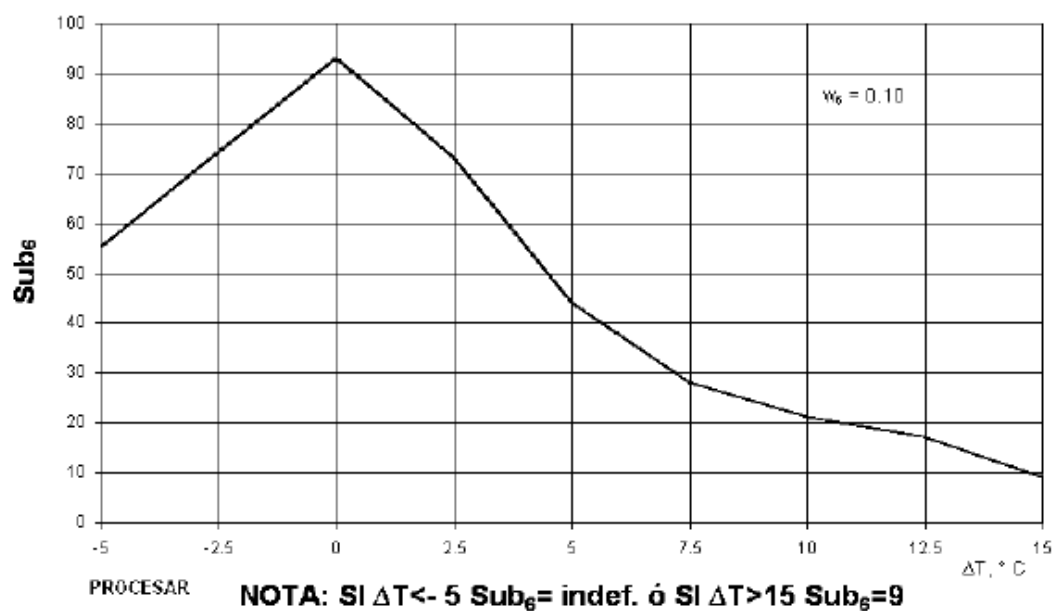
Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez.

TURBIDEZ

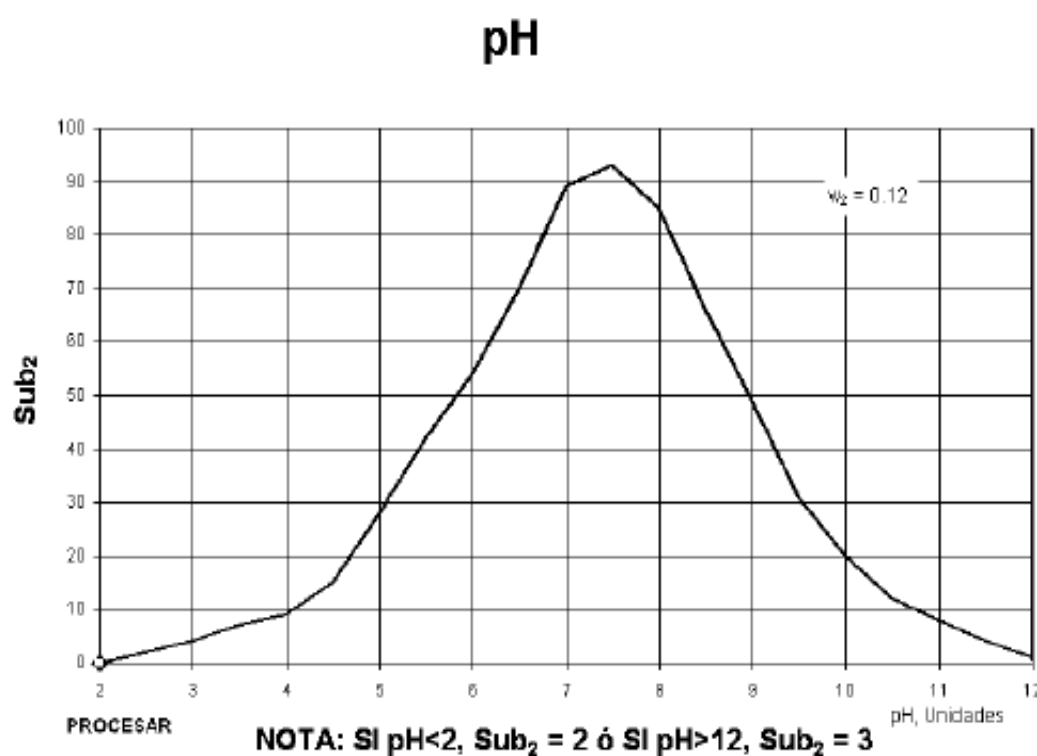


Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura.

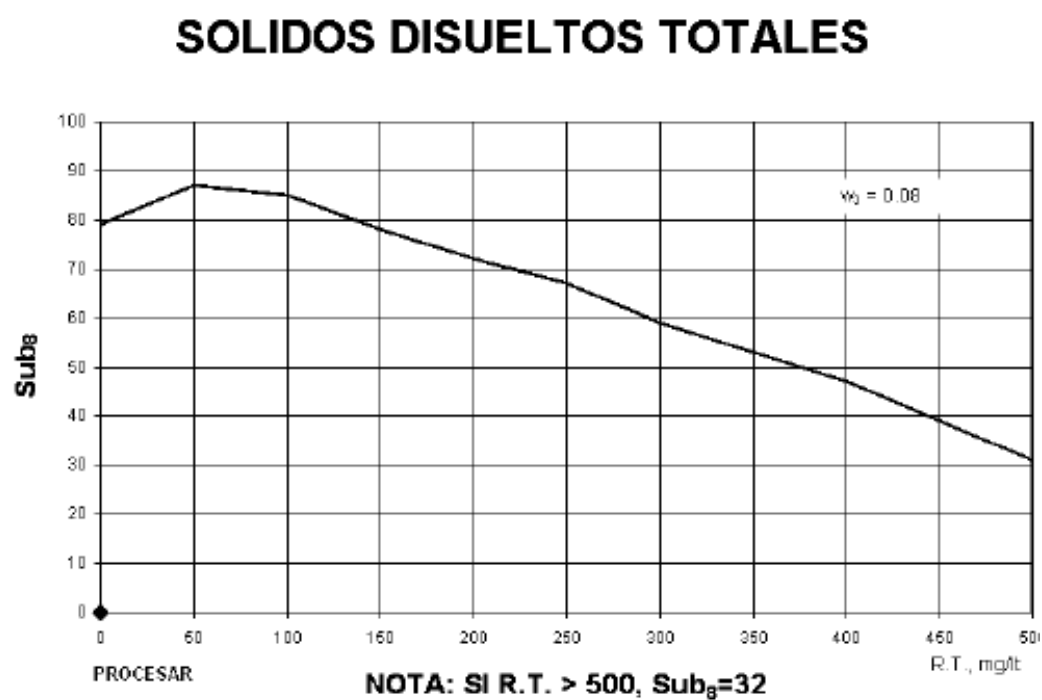
CAMBIO DE TEMPERATURA



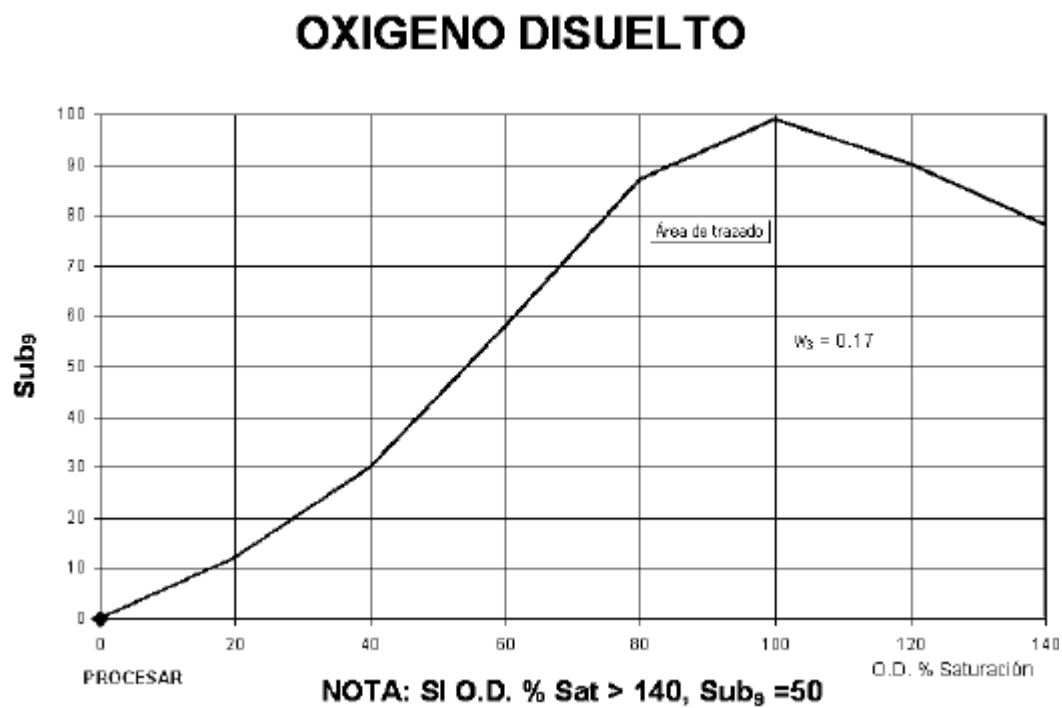
Valoración de la calidad del agua en función del pH.



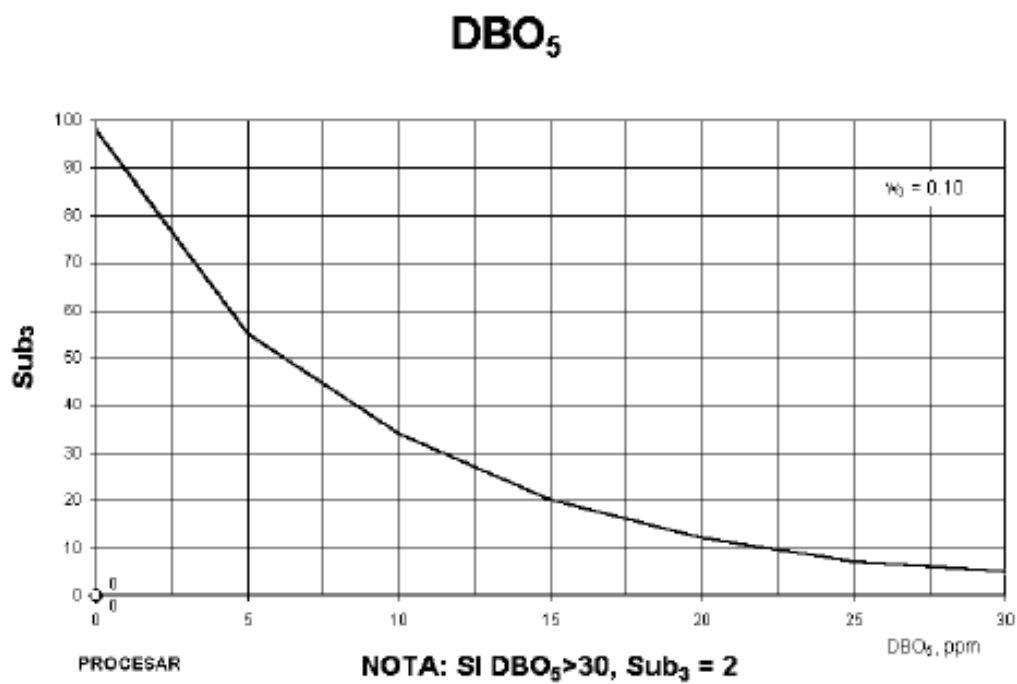
Valoración de la calidad del agua en función de los sólidos totales disueltos.



Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje (%) de saturación del oxígeno disuelto.

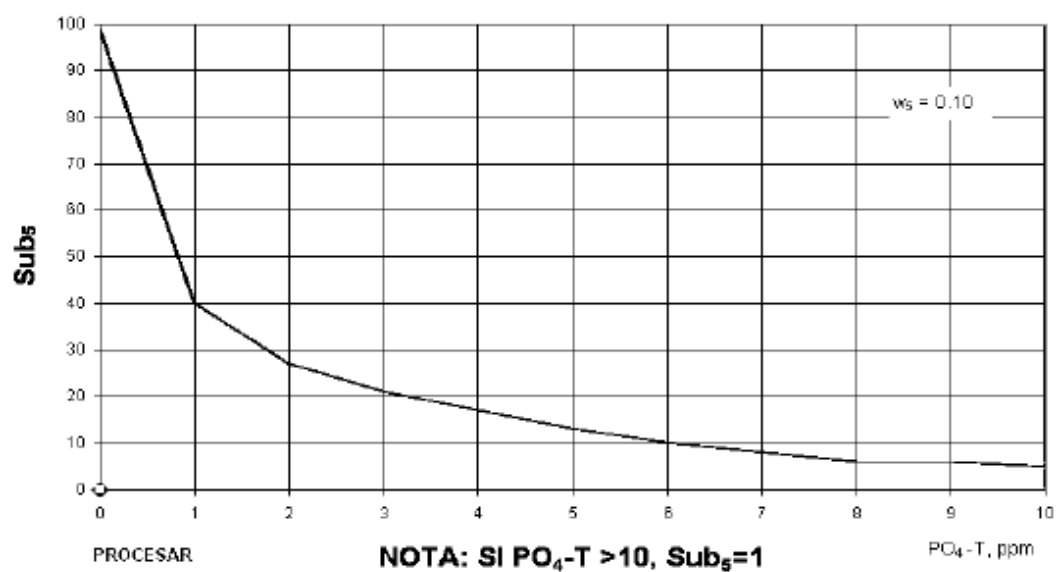


Valoración de la calidad del agua en función de la DBO₅.



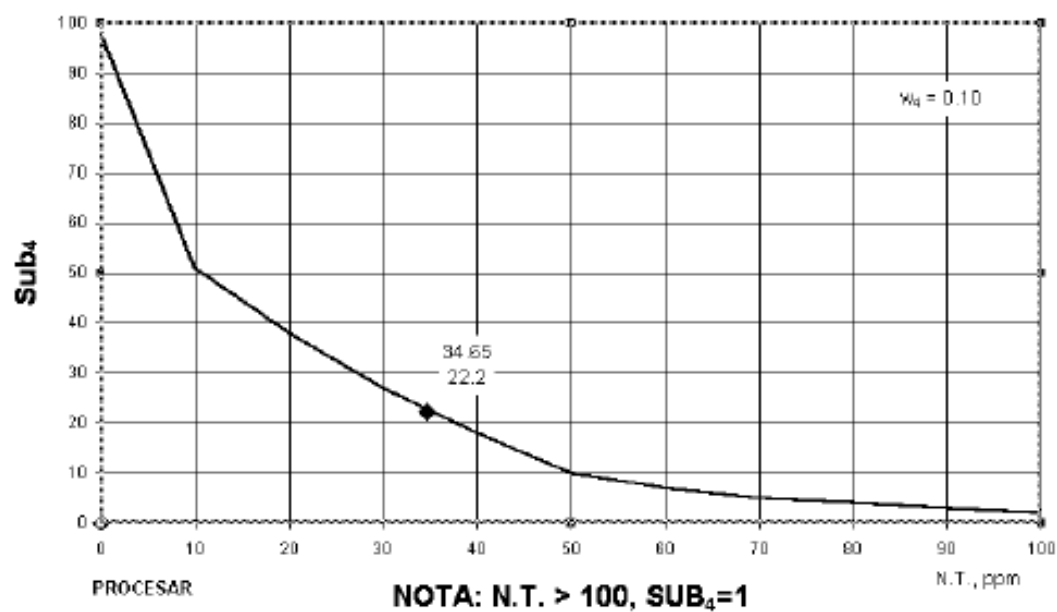
Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos.

FOSFATOS



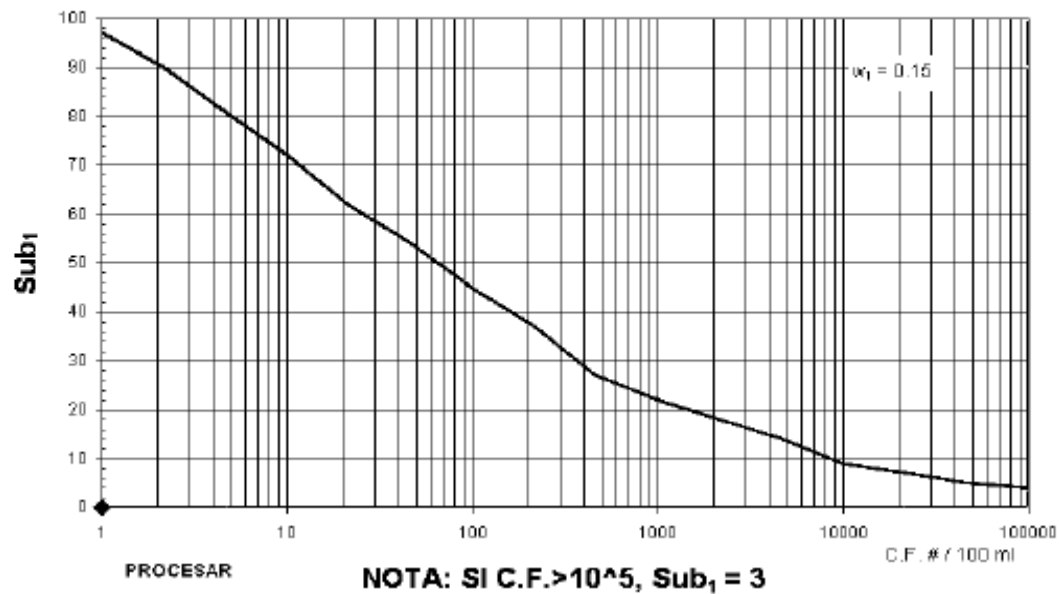
Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos.

NITRATOS



Valoración de la calidad del agua en función de los coliformes fecales.

COLIFORMES FECALES



Valores del índice de calidad de agua (ICA) para las clases establecidas por la ley general de aguas DL 17752.

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS	VALOR ICA	
	DESEABLE	LÍMITE
CLASE I	80.9	70.2
CLASE II	68.1	58.1
CLASE III	52.7	43.9
CLASE IV	No aplica	No aplica
CLASE V	49.9	9.8

Nota: Fuente: Ministerio de Agricultura

ANEXO 2:

**RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO LABORATORIO DE
EMAPA SAN MARTÍN S.A**

Resultado de laboratorio, zona alta – mes de setiembre



INFORME DE ANALISIS N° 22- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra	
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin	
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. Santa Rosa # 132	
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo	
MUESTREADO POR	Ing. Yrwin Azabache Liza	
FECHA Y HORA DE MUESTREO	29/09/2015	04:21 p.m.
FECHA Y HORA DE ANALISIS	30/09/2015	10:00 a.m.

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	JR. Santa Rosa #
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0(*)	0
COLIFORMES TOTALES	Ufc/100ml	0(*)	0


LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

(*) por la técnica de NMP por tubos múltiples = < 1.8/100ml

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 02 de Octubre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodríguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona media – mes de setiembre



INFORME DE ANALISIS N° 23- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra	
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin	
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. Cajamarca # 625	
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo	
MUESTREADO POR	Ing. Yrwin Azabache Liza	
FECHA Y HORA DE MUESTREO	29/09/2015	03:50 p.m.
FECHA Y HORA DE ANALISIS	30/09/2015	10:15 a.m.

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. Cajamarca # 625
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0(*)	0
COLIFORMES TOTALES	Ufc/100ml	0(*)	0


LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

(*) por la técnica de NMP por tubos múltiples = < 1.8/100ml

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 02 de Octubre del 2015


Ing. Zoila Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodriguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona baja – mes de setiembre



INFORME DE ANALISIS N° 24 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra	
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin	
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. 20 de Abril # 828	
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo	
MUESTREADO POR	Ing. Yrwin Azabache Liza	
FECHA Y HORA DE MUESTREO	29/09/2015	03:30 p.m.
FECHA Y HORA DE ANALISIS	30/09/2015	10:30 a.m.

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. 20 de Abril # 828
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0(*)	0
COLIFORMES TOTALES	Ufc/100ml	0(*)	0


LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

(*) por la técnica de NMP por tubos múltiples = < 1.8/100ml

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 02 de Octubre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodríguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona alta – mes de octubre



INFORME DE ANALISIS N° 31- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra		
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin		
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. Santa Rosa # 132		
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo		
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	23/10/2015	08:30 a.m.	
FECHA Y HORA DE ANALISIS	23/10/2015	03:30 p.m.	


RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	JR. Santa Rosa # 132
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 02 de Noviembre del 2015


Ing. Zoila L. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodríguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona media – mes de octubre



INFORME DE ANALISIS N° 32- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra		
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin		
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. Cajamarca # 625		
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo		
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	23/10/2015	08:40 a.m.	
FECHA Y HORA DE ANALISIS	23/10/2015	03:35 p.m.	


RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. Cajamarca # 625
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 02 de Noviembre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodriguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona baja – mes de octubre



INFORME DE ANALISIS N° 33 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra		
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin		
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. 20 de Abril # 828		
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo		
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	23/10/2015	08:50 a.m.	
FECHA Y HORA DE ANALISIS	23/10/2015	03:40 p.m.	


RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. 20 de Abril # 828
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 02 de Noviembre del 2015


Ing. Zoila J. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fredy Marmá Rodríguez
BIOLOGO
C. O.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona alta – mes de noviembre



INFORME DE ANALISIS N° 28- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra		
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin		
PUNTO DE MUESTREO	Conexión Domiciliaria Jr.Santa Rosa c/c 20 de Abril.		
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo		
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	05/11/2015	04:14 p.m.	
FECHA Y HORA DE ANALISIS	06/11/2015	10:00 a.m.	

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	JR. Santa Rosa y 20 de Abril
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0
COLIFORMES TOTALES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 09 de Noviembre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodriguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8504

Resultado de laboratorio, zona media – mes de noviembre



INFORME DE ANALISIS N° 29- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra	
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin	
PUNTO DE MUESTREO	Conexión Domiciliaria Jr. Cajamarca # 216	
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo	
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra	
FECHA Y HORA DE MUESTREO	05/11/2015	04:46 p.m.
FECHA Y HORA DE ANALISIS	06/11/2015	10:15 a.m.

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. Cajamarca # 216
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0
COLIFORMES TOTALES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 09 de Noviembre del 2015


Ing. Zoila L. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodriguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona baja – mes de noviembre



INFORME DE ANALISIS N° 30 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra		
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin		
PUNTO DE MUESTREO	Conexión Domiciliaria Jr. 20 de Abril # 327		
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo		
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	05/11/2015	04:51 p.m.	
FECHA Y HORA DE ANALISIS	06/11/2015	10:30 a.m.	


RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. 20 de Abril # 327
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0
COLIFORMES TOTALES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 09 de Noviembre del 2015


Ing. Zoila Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodríguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona alta – mes de diciembre



INFORME DE ANALISIS N° 39- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra	
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin	
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. Santa Rosa # 132	
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo	
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra	
FECHA Y HORA DE MUESTREO	23/12/2015	08:30 a.m.
FECHA Y HORA DE ANALISIS	23/12/2015	03:30 p.m.

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	JR. Santa Rosa # 132
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0(*)	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 28 de Diciembre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodríguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona media – mes de diciembre



INFORME DE ANALISIS N° 40- 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra	
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin	
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. Cajamarca # 625	
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo	
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra	
FECHA Y HORA DE MUESTREO	23/12/2015	08:40 a.m.
FECHA Y HORA DE ANALISIS	23/12/2015	03:35 p.m.

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO


PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. Cajamarca # 625
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 28 de Diciembre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodriguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

Resultado de laboratorio, zona baja – mes de diciembre



INFORME DE ANALISIS N° 41 2015

SOLICITANTE	Fernando Garcia Saavedra		
LOCALIDAD	Moyobamba - San Martin		
PUNTO DE MUESTREO	Conexiones Domiciliarias Jr. 20 de Abril # 828		
TIPO DE FUENTE	Agua de consumo		
MUESTREADO POR	Fernando Garcia Saavedra		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	23/12/2015	08:50 a.m.	
FECHA Y HORA DE ANALISIS	23/12/2015	03:40 p.m.	

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDAD	LMP para consumo humano	Jr. 20 de Abril # 828
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Ufc/100ml	0	0

LMP = Límite Máximo Permitido según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 2010

OBSERVACIONES : muestra proporcionada por el cliente

Tarapoto, 28 de Diciembre del 2015


Ing. Zoila I. Echenique Tuesta
Jefe de Oficina de Control de Calidad
de Agua Potable y Aguas Residuales
EMAPA SAN MARTIN S.A.


Fred Marina Rodriguez
BIÓLOGO
C.B.P. 8524

ANEXO 3:

**PLANO DE SECTORIZACIÓN DE MOYOBAMBA – ZONAS DE
ESTUDIO**

